



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

***“DISEÑO DEL MANUAL DE LABORATORIO PARA LA ASIGNATURA DE QUÍMICA
AMBIENTAL PARA LA CARRERA DE QUÍMICA DE LA FACULTAD DE QUÍMICA”***

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICO

PRESENTA

Adán Andrés Bryan Perea Ramírez

DIRECTOR DE TESIS

Dra. Irma Cruz Gavilán García



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesor: JOSÉ MANUEL MÉNDEZSTIVALET

VOCAL: Profesor: IRMA CRUZ GAVILÁN GARCÍA

SECRETARIO: Profesor: JOSÉ AGUSTÍN GARCÍA REYNOSO

1er. SUPLENTE: Profesor: GEMA LUZ ANDRACA AYALA

2° SUPLENTE: Profesor: GEMA SUSANA CANO DÍAZ

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL (UGA), FACULTAD DE QUÍMICA, EDIFICIO A, ANEXO DEL LABORATORIO 2-D, UNAM.

ASESOR DEL TEMA:

Dra. Irma Cruz Gavilán García _____

SUPERVISOR TÉCNICO:

M. en I. Gema Susana Cano Díaz _____

SUSTENTANTE (S):

Adán Andrés Bryan Perea Ramírez _____

***“A la cima no se llega superando a los demás
sino superándose a sí mismo”.***

Anónimo.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. OBJETIVOS	3
1.1 Objetivo General.	3
1.2 Objetivos particulares.	3
CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES	4
2.1 Evaluación de la Carrera de Química.	4
2.2 La Química Ambiental como asignatura Optativa Disciplinaria.	5
2.3 Diseño de los protocolos experimentales.	7
CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO.....	8
3.1 La contaminación y el desarrollo sostenible.	8
3.2 Aire, agua y suelo como compartimientos ambientales.	13
3.2.1 Agua	14
3.2.2 Suelo.....	17
3.2.3 Atmósfera.	19
CAPÍTULO 4. PROTOCOLOS EXPERIMENTALES PARA LA ASIGNATURA DE QUÍMICA AMBIENTAL	22
4.1 Estructura de los protocolos experimentales.	22
4.2 Protocolos experimentales.	24
<i>QUÍMICA DEL AGUA.....</i>	<i>24</i>
<i>“Evaluación de parámetros fisicoquímicos en cuerpos de agua“.</i>	
<i>QUÍMICA DEL AIRE.....</i>	<i>42</i>
<i>“Evaluación del comportamiento y destrucción de la capa de ozono “.</i>	

QUÍMICA DEL SUELO.....	52
<i>“Evaluación de parámetros fisicoquímicos de suelos”.</i>	
CUIDADO DEL AMBIENTE.....	58
<i>“Generación de hidrógeno como alternativa de energía limpia”.</i>	
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
5.1 Conclusiones.	63
5.2 Recomendaciones.	64
REFERENCIAS.....	65



INTRODUCCIÓN

La formación de recursos humanos, así como la creación del paradigma del México que queremos son funciones inherentes de la Universidad, por lo tanto, es indispensable que se desarrollen programas educativos de calidad, siendo la modificación de los distintos “Programas de Educación Superior” fundamental para ello. Asimismo, y como parte de lo anterior se realizó la modificación al plan de estudios de la Licenciatura en Química, resultando en la implementación de la asignatura “Química Ambiental” en dicho plan curricular.

Por ende, los estudiantes deben estar conscientes de ello, adquiriendo una formación que les permita desarrollar sus actividades profesionales con la convicción de que los procesos o productos generados tendrán el menor impacto posible en nuestro entorno.

Asimismo, el estudio de la contaminación ambiental debe favorecer la toma de consciencia sobre este problema y en la medida de lo posible, desarrollar en los futuros profesionistas de las ciencias químicas la responsabilidad social para promover estrategias innovadoras que contribuyan con el desarrollo de procesos limpios y amigables con el ambiente.

Debido a lo anterior, es importante desarrollar herramientas didácticas que permitan a los docentes mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje enfrentando a los estudiantes a problemas lo más cercanos a la realidad, tales como prácticas de laboratorio, en las cuales el estudiante se enfrente al fenómeno y utilice sus conocimientos para lograr una buena interpretación y análisis del problema ambiental.

Tomando como base esta visión, el trabajo se enfoca en elaborar 4 protocolos experimentales con el propósito de integrarlos al manual de prácticas de laboratorio de la asignatura Química Ambiental, cuyos temas están relacionados con los siguientes aspectos: agua, suelo, aire y cuidado del ambiente.



CAPÍTULO 1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo General.

- Elaborar un conjunto de protocolos experimentales para integrar un manual para la asignatura de Química Ambiental, impartida en la Facultad de Química dentro del plan curricular de la carrera de Química.

1.2 Objetivos particulares.

- Seleccionar los experimentos más representativos con la finalidad de cubrir el temario establecido para la asignatura de Química Ambiental.
- Diseñar los protocolos experimentales que se adapten a la infraestructura de la Facultad de Química.
- Optimizar los parámetros experimentales de cada uno de los protocolos propuestos.
- Proponer la integración del manual para los estudiantes que cursan Química Ambiental.



CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES

2.1 Evaluación de la Carrera de Química.

La exigencia en el aumento de la productividad dentro del mercado laboral aunado a un déficit de oportunidades conlleva a que las nuevas generaciones universitarias, especialmente los profesionales de la Química, se preparen para competir dentro del mismo.

En consecuencia, las universidades desempeñan una función esencial, considerando que deben formar los recursos humanos que la sociedad requiere, y contribuir tanto al desarrollo de nuevas habilidades en la práctica profesional como a la preservación y enriquecimiento de valores tanto, éticos, sociales y culturales.

Asimismo, la universidad debe crear el paradigma del México que queremos, y como parte del mismo se debe considerar el desarrollo de programas educativos, para lo cual se deben modificar los distintos “Programas de Educación Superior” con el objetivo fundamental de mejorar la calidad de los mismos; siendo la magnitud de la eficiencia, eficacia, equidad, pertinencia y relevancia componentes de la misma (Flores, H., et. al., 2007).

En 1995 la Facultad de Química llevó a cabo la elaboración de su respectivo “Plan institucional de Desarrollo”, permitiéndole generar programas con sus propias metas y estrategias. Los diagnósticos para llevar a cabo su desarrollo iniciaron con la integración de ejercicios de autoevaluación.

Dos años más tarde se llevó a cabo la evaluación general del plan de estudios de la Licenciatura en Química por los Comités Interinstitucionales de Evaluación de Educación Superior (CIEES), los cuales emitieron un informe con los cambios sugeridos. Posteriormente, una vez realizados los cambios, finalmente fue emitido el dictamen de “Programa de Calidad”.

Una de las fortalezas fue contar con profesores de alto nivel académico e infraestructura material aceptable como las que posee el programa de la licenciatura en Química de nuestra Facultad.

Sin embargo, aún con un alto nivel, el programa de la licenciatura en Química tenía como inconveniente el no incorporar la asignatura de Química Ambiental, dada su gran importancia a todos los niveles, teniendo claro que contar con la oferta de dicha asignatura lograría una formación integral, y, además, los egresados contarían con un valor agregado comparados con los de otras instituciones educativas del país (Flores, H., et. al., 2007).

2.2 La Química Ambiental como asignatura Optativa Disciplinaria.

A consecuencia de la modificación realizada al plan de estudios de la licenciatura en Química en el año 2005, surge una nueva propuesta para dicho programa curricular. Entre sus principales características destaca que permitió una mayor flexibilidad en la formación del estudiante, incluyendo el requisito de cursar seis asignaturas optativas disciplinarias a partir del séptimo semestre de la carrera, dentro del ciclo terminal y de pre-especialización, durante el cual se consideran como antecedentes, los conocimientos adquiridos en las asignaturas de ciclos Tronco Común y Fundamental de la Profesión.

Las asignaturas optativas disciplinarias, constituyen la última etapa de formación del estudiante, la cual se basa en materias de aplicación o profundización en los diferentes campos de la Química, tales como (Coordinación de la Carrera de Química, 2005):

- I. Química Orgánica.
- II. Química Inorgánica.
- III. Química Analítica.
- IV. Química Teórica.
- V. Química Ambiental.
- VI. Fisicoquímica.
- VII. Y otros campos aplicados a la Química, como Administración y Educación.

Además, en el caso de la licenciatura en Química, se dividen en dos tipos:

1. "Optativas Disciplinarias tipo A". Con un total de diez créditos (tres horas de teoría y cuatro horas de laboratorio).
2. "Optativas disciplinarias tipo B", Con un total de seis créditos (tres horas de teoría).

Dentro de las Optativas Disciplinarias tipo "A" se encuentra la asignatura "Química Ambiental" (clave 0033), impartida en la Facultad de Química dentro de Ciudad Universitaria (CU), cuyas características principales son descritas en el cuadro 1.

Cuadro 1. Principales características de la asignatura Química Ambiental.

Asignatura Química Ambiental	Ciclo Terminal y de especialización	Área Química	Departamento Química Orgánica	
Horas/ Semana / Semestre				
Optativa	Clave: 0033	Teoría: 3h / 48h	Práctica: 4h / 64h	Créditos: 10
Tipo de asignatura:				Teórico – práctica
Modalidad de asignatura:				Curso
Asignatura precedente: Ninguna.				
Asignatura subsecuente: Ninguna.				
OBJETIVO (S): a) Proporcionar a los estudiantes los conceptos básicos de química ambiental que afecten los sistemas ambientales, así como revisar los diferentes procesos y tecnologías para la evaluación, monitoreo y control de contaminantes de acuerdo a la normatividad. b) Analizar desde una perspectiva integral, para cada medio ambiental (agua, aire y suelo), los diferentes factores externos que provocan impactos negativos a los ecosistemas, desarrollando el sentido común y crítico para la propuesta de soluciones.				

Fuente: <http://www.quimica.unam.mx/IMG/pdf/0033QuimicaAmbiental.pdf>

2.3 Diseño de los protocolos experimentales.

Debido a la incorporación al nuevo plan de estudios y al carácter teórico-práctico de la asignatura Química Ambiental, es necesario desarrollar protocolos experimentales, los cuales ejemplifiquen las diferentes temáticas ambientales que permitan al estudiante una buena interpretación del mismo.



CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO

3.1 La contaminación y el desarrollo sostenible.

La contaminación se puede entender como la presencia de sustancias de origen natural o sintético, en cantidades no asimilables por el ambiente; o bien es la alteración de las condiciones físicas o químicas idóneas para la estabilidad de los ecosistemas (Cantú, 2002).

La contaminación ocasiona alteraciones al ambiente, tal como el calentamiento global, la destrucción de la capa de ozono, eutrofización de ríos y lagos, pérdida de biodiversidad, lluvia ácida, desertificación y degradación de los suelos, entre otras. Además de esto, conlleva a problemas socioeconómicos, por ejemplo: la aparición de las llamadas enfermedades emergentes, definidas como nuevas infecciones que resultan de la evolución o modificación de un agente patógeno existente, que cambia su espectro de hospedadores, vector, patogenicidad o cepa; también incluyen las infecciones desconocidas hasta el momento de su aparición (Escobedo, et. al., 2011), como el caso del virus del Zika, o bien, problemas asociados a los costos requeridos para la reparación de los daños provocados en una determinada zona, tal como sucedió con la compañía British Petroleum (BP), por el derrame de petróleo en el golfo de México en el año 2010.

La actividad industrial, la explosión demográfica, los modelos de consumo individual y colectivo, así como el desarrollo tecnológico y la subestimación del valor de los bienes ambientales son algunas de las diversas causas del deterioro actual, como lo señalan Arrué, et. al. (2005) y Cervantes, et. al., (2009). A decir de Ferrajoli (2003) atribuye a la globalización económica la devastación ambiental.

Recordemos pues, que es la globalización, la falta de derechos de apropiación sobre los bienes comunes (Bontems, et. al., 2002), el crecimiento de la población y la actividad económica (Solís, et. al., 2003), por ejemplo: el libre mercado, la oferta y la demanda, y una sociedad consumista, las que han contribuido a un consumo indiscriminado de los recursos naturales.

Es evidente que las causas antes mencionadas están íntimamente relacionadas con el desarrollo urbano.

Dichos problemas ambientales han estado presentes a lo largo de la historia de la humanidad; un ejemplo de ellos es el fenómeno denominado “el gran smog” presentado en Londres en 1952. Debido a esto surgen diversas preocupaciones e iniciativas ambientales, las cuales, hoy en día han pasado a formar parte de la conciencia ecológica, aunque la crisis actualmente sigue existiendo. Sin irnos más lejos, en nuestro país podemos mencionar la contingencia ambiental sufrida en la Ciudad de México el pasado martes 14 de marzo de 2016, la cual fue confirmada por la Comisión Ambiental de la Megalópolis en su boletín informativo:

Ciudad de México a 14 de marzo de 2016

BOLETÍN INFORMATIVO

Análisis de las condiciones meteorológicas y de calidad del aire a las 15:00 horas

La Comisión Ambiental de la Megalópolis informa que se registra una inversión de subsidencia asociada al sistema de alta presión que afecta la región central del país, esto ha provocado una condición de estabilidad atmosférica en las últimas horas, además de escasa nubosidad y viento débil. La fuerte radiación solar favorece una actividad fotoquímica intensa en la atmósfera, esto ha provocado un incremento importante en la concentración de ozono esta tarde en la mayor parte de la zona metropolitana. A las a las 15:00 horas la estación Cuajimalpa (CUA), ubicada en la delegación Cuajimalpa de Morelos en la Ciudad de México, registra un valor máximo de 175 puntos en el índice de calidad del aire. Las altas concentraciones de ozono se mantendrán durante la mayor parte de la tarde.

*Por lo anterior, de acuerdo al Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas de la Zona Metropolitana del Valle de México y al no existir las condiciones adecuadas, **SE MANTIENE LA FASE DE PRECONTINGENCIA AMBIENTAL ATMOSFÉRICA POR OZONO EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO.***

Sin embargo, fue probablemente en 1962 que el libro de Rachel Carson “*Primavera Silenciosa*”, sirvió para concientizar a la sociedad sobre el peligro que conllevaban los residuos químicos a los organismos vivos y al ambiente en general (Figueruelo, et. al., 2011), y marcó, además, el inicio de un movimiento ambientalista, desde la creación en 1970 de la Agencia Gubernamental de Protección al Ambiente en Estados Unidos de América (EPA, por sus siglas en inglés) hasta la conferencia en Rio de Janeiro en 1992, que daría pauta al nacimiento de un nuevo concepto, el “Desarrollo Sustentable”.

“El desarrollo sustentable hace referencia a la capacidad que haya desarrollado el sistema humano para satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer los recursos y oportunidades para el crecimiento y desarrollo de las generaciones futuras.” Esta definición se expresó por primera vez en el informe Brundtland: “Our Common Future”, publicado en 1987. Posterior a esto, quedó bautizada la definición y es la que más aceptación tiene en toda la comunidad (Calvente, 2007).

Este nuevo concepto en materia del cuidado del ambiente, incorpora una nueva relación de la sociedad con la naturaleza, estando aquella estrechamente interrelacionada con la segunda. Asimismo, incorpora a la conservación de la naturaleza externa (sustentabilidad ecológica), la sustentabilidad social, y también una sustentabilidad económica como se presenta en la figura 1 (Foladori, 2002).

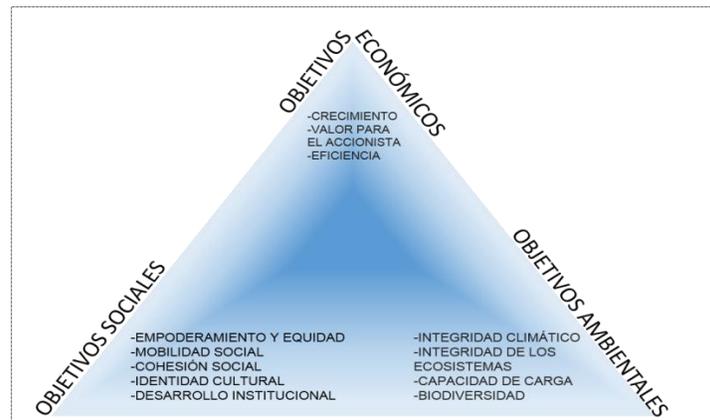


Figura 1. Tridimensionalidad del Desarrollo Sustentable.

Fuente: Adaptado de WRI, 2002 citado por Foladori, 2002 p. 623.

Cabe mencionar que dentro de estos movimientos ambientalistas, además del nacimiento del desarrollo sustentable, surge el término “Ecología Industrial”, el cual tuvo como precedentes más importantes los conceptos de Simbiosis Industrial y Sinergia de subproductos (Cervantes, et. al., 2009), y consiste en tratar de imitar a la naturaleza (en cuanto a que toda la transferencia de materia es cíclica dentro de la misma) en los procesos productivos del hombre.

Debido a que la actividad industrial conlleva a efectos que pueden plantear amenazas significativas a la capacidad del planeta para sostener la vida, la meta principal de la ecología industrial, debe ser minimizar o eliminar los efectos perjudiciales de las actividades antropogénicas en las otras esferas ambientales: atmósfera, hidrósfera, geósfera y biósfera (Manahan, 2007).

Actualmente, la ecología industrial se ha implementado en diversos proyectos alrededor del mundo como lo muestra la tabla 1, siendo el situado en Kalundborg, el más representativo.

Tabla 1. Ejemplos de proyectos que han implementado la Ecología Industrial alrededor del mundo.

Proyecto	Lugar	Descripción
Simbiosis Industrial	Kalundborg (Dinamarca)	Parque Eco-industrial donde las empresas están estructuradas de forma similar a la de una cadena alimenticia, teniendo productor primario de energía, consumidor energético primario y secundario, y un eslabón de descomponedores (Pinzón, 2009).
National Industrial Symbiosis Programme (NISP)	Reino Unido	Promueve el aprovechamiento e intercambio de residuos y subproductos (Cervantes, 2009).
Ora Eco-Park	Fredrikstad (Noruega)	Dentro del intercambio de materia entre las compañías participantes podemos mencionar: vapor, agua caliente y fría, ácido sulfúrico residual, residuos de sulfato de hierro, residuos de poliéster, virutas de madera para producir energía y lodos (Ahoada, 2006).
By Product Sinergy	Tampico (México)	Se llevó a cabo un estudio para determinar que residuos podían servir de insumos a otras empresas, identificándose las siguientes sinergias: recuperación de CO ₂ , ácido clorhídrico y cloruro férrico; uso de resinas de polímero para materiales de construcción, residuos minerales y de PVC y negro de humo residual para fabricar suelas de zapatos, entre otras (Lule, D., et. al., s.f.).

Fuente: Elaboración propia.

Adicional a esto, George Schwedt (2001) en su libro “*The Essential Guide to Environmental Chemistry*”, propone un ciclo de materiales orientado ecológicamente, en el cual se describan las interacciones entre la extracción de materias primas, incluyendo la producción de energía, y los cambios ambientales; cuyo objetivo es equilibrar los efectos de la actividad humana en el rendimiento del sistema de la biósfera y ecosfera con sus relaciones, regeneración y funcionamiento.

Las características o condiciones del ciclo planteado por parte de Schwedt son las siguientes:

1. Utiliza materias primas en los procesos productivos, luego de ser recuperadas del ciclo natural de materiales.
2. Considera la influencia de los procesos productivos sobre la atmósfera.

3. Limpieza y reciclaje de los gases de escape de los procesos productivos.
4. Reincorporación de las aguas residuales al ambiente, luego de ser tratadas.
5. Acondicionamiento de dichas aguas para uso industrial y de consumo.
6. Separación de los residuos domésticos y lodos producidos en materiales aprovechables y no aprovechables.

Finalmente, a decir de Schwedt, este proceso o ciclo debe ser la meta de las tecnologías de protección ambiental para minimizar las alteraciones humanas de los ciclos naturales, usando el enfoque 3R (reduce, recicla y reusa).

3.2 Aire, agua y suelo como compartimientos ambientales.

Como ya se mencionó anteriormente, las consecuencias de la contaminación conllevan, además de impactos al ambiente, también a problemas socioeconómicos, lo que implica que para plantear soluciones es indispensable tomar en cuenta las interacciones entre lo social, lo económico y el ambiente. Sin embargo, para poder determinar lo que sucede en el ambiente cuando una sustancia química entra en él, se requiere tomar en cuenta tanto las características físicas y químicas como las interacciones dentro del mismo, específicamente, en aire, agua y suelo; por lo que es aquí donde la ciencia, particularmente la Química Ambiental, juega un papel determinante.

La Química Ambiental puede definirse como el estudio de las fuentes, reacciones, transporte y destino de las sustancias químicas en aire, agua y suelo, así como sus efectos en la salud y a los ecosistemas(Cornell, 2005).

Además, es una ciencia interdisciplinaria que requiere de otras disciplinas, tales como la Biología, Geología, Matemáticas, Física, Ingeniería y Medicina (Figueroa, et. al., 2011), sin desestimar la Sociología, Antropología, Ciencias Políticas, etc.

Para poder determinar el efecto y modo de actuar de las sustancias químicas en los distintos compartimientos ambientales (hidrósfera, atmósfera y litósfera) debemos estudiar las principales características de cada uno de los mismos de manera independiente, para posteriormente hacerlo en una forma integral, y una vez que se conozca su comportamiento proponer las posibles alternativas de evitar sus impactos al ambiente (Manahan, 2007; Domenech, et. al., 2006; Baird 2012).

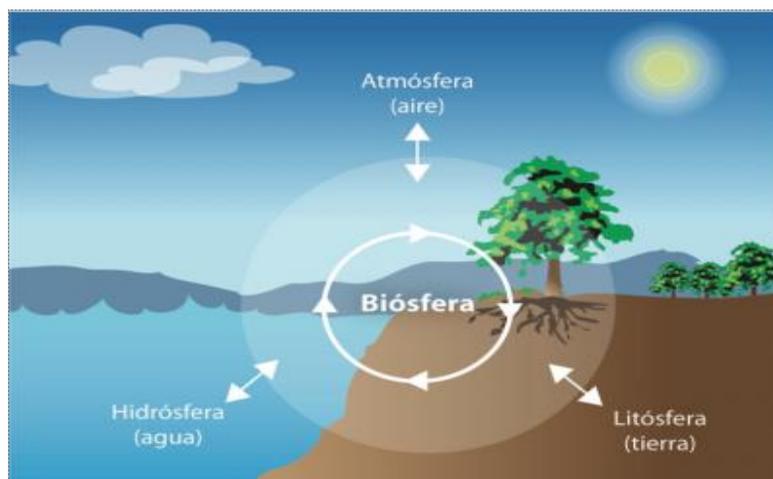


Figura 2. Interacción de hidrósfera, atmósfera y litósfera.

Fuente: <http://joselinpalacio.blogspot.mx/2015/10/b-i-o-s-f-e-r-a.html>

3.2.1 Agua

En primer lugar, tenemos la hidrósfera. Dicho compartimiento está compuesto por mares, ríos, agua subterránea, hielo polar, glaciares y océanos, siendo en estos últimos donde se encuentra la mayor cantidad de agua. Aunado a lo anterior, los océanos cubren la mayor parte de la superficie terrestre (aproximadamente tres cuartas partes), por lo que juegan un papel primordial en la regulación del clima y como sumideros de gases de efecto invernadero (Duarte, 2010).

El ciclo hidrológico como el de la figura 3, describe el intercambio de agua entre los diversos componentes de la hidrósfera por medio de precipitación, infiltración, evaporación, transpiración (vapor de agua perdido por la vegetación), escorrentía superficial y descarga de aguas subterráneas (Bleam, 2012), pasando por diferentes estados de agregación dependiendo del componente en el cual se encuentre.

De manera general, el ciclo hidrológico comienza en los océanos, pasa a la atmósfera y de ahí, cae en forma de lluvia o nieve sobre la superficie terrestre, para finalmente volver a incorporarse a los océanos a través de los ríos (Beard, 2013).

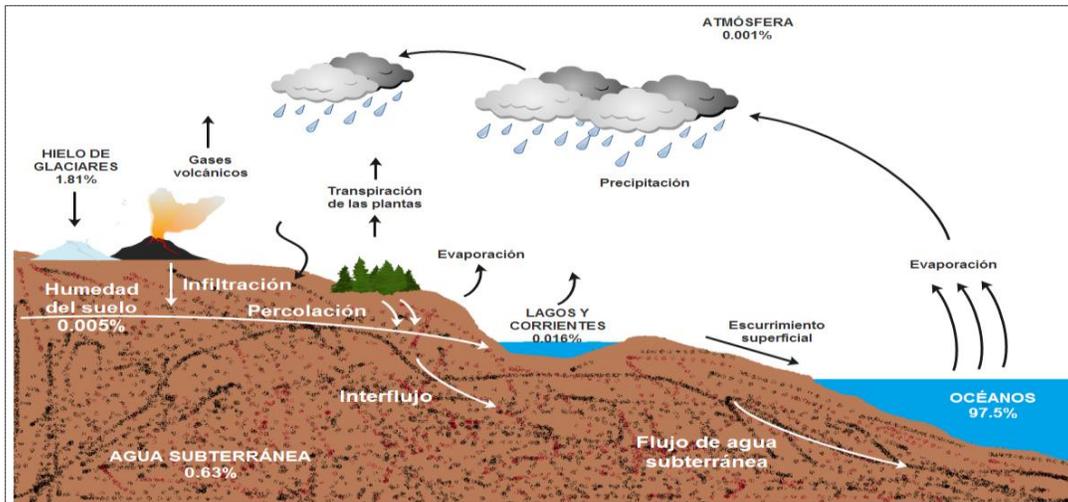


Figura 3. Ciclo hidrológico. Intercambio de materia entre hidrósfera, litósfera y atmósfera.

Fuente: Adaptado de Montgomery, 2003 citado por Davis, et. al., 2005 p. 200.

Al analizar la figura 3, se hace evidente la interacción existente entre el agua y los otros dos compartimientos ambientales: litósfera y atmósfera, por lo que es, debido a esta interacción, donde el estudio del comportamiento de los contaminantes químicos juega un papel determinante.

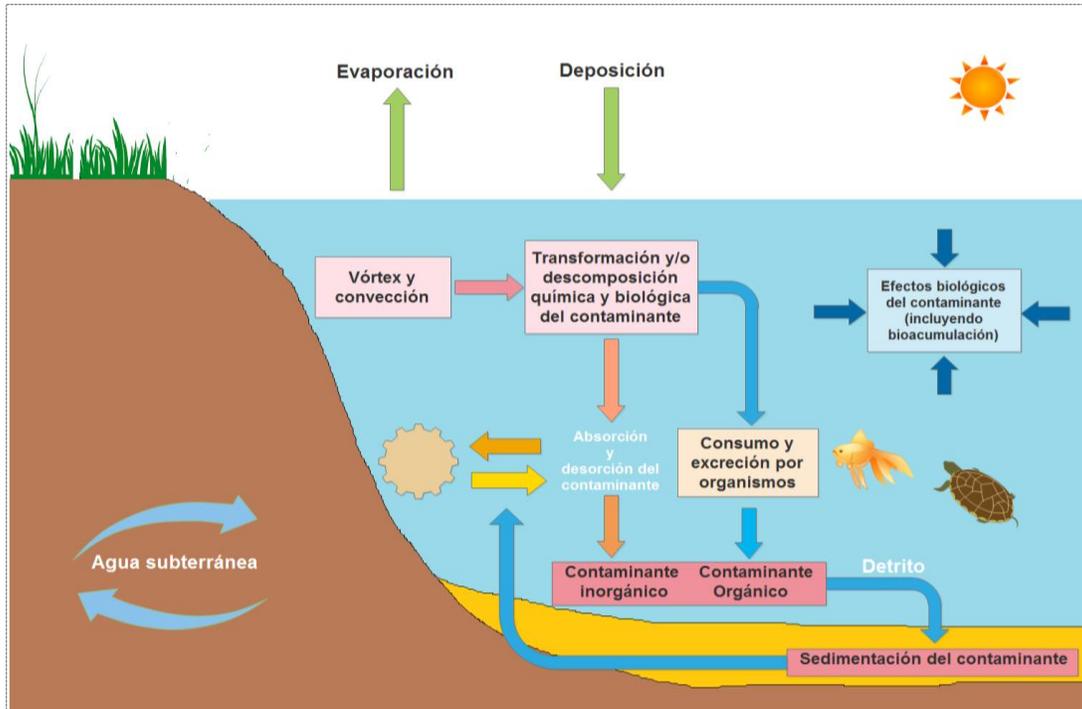


Figura 4. Ciclo de las sustancias químicas en el agua.

Fuente: Adaptado de Schwedt, 2001.

Las sustancias químicas en el agua pueden sufrir reacciones de conversión química y biológica, y/o reacciones de descomposición, lo que provoca un estado de solución o suspensión (Figura 4). El detrito o detritus, producido a partir de la descomposición de la materia orgánica, distribuye la materia suspendida o depositada, sobre la cual, compuestos de metales pesados en agua u otros contaminantes pueden unirse y estabilizarse. Estas partículas depositadas por sedimentación orgánica e inorgánica posibilitan los procesos de adsorción y desorción, dando como resultado un equilibrio en el agua bajo constantes condiciones físicas y químicas.

Otro hecho importante, es que las sustancias químicas pueden ser consumidas por los organismos (ya sea tal y como entraron a la hidrósfera o después de sufrir una transformación). Los efectos por dichas sustancias pueden aparecer inmediatamente o después por factores de bioacumulación (Schwedt, 2001).

3.2.2 Suelo

Dentro de las distintas capas que conforman la geósfera, se encuentra la litósfera. La parte superficial de la litósfera, el suelo, “es un medio multifásico constituido por una mezcla variante de partículas minerales, materia orgánica, disolución acuosa y un medio gaseoso. La composición química de las distintas fases depende del material a partir del cual se origina el suelo”. (Domenech, et. al., 2006).

Las funciones del suelo pueden determinarse en base a dos de sus características: por su composición y por su actividad. Para el caso de la primera, el suelo sirve de base para la vegetación, como hábitat para los microorganismos, plantas y animales, como almacén de nutrientes y medio de cultivo; mientras que, en el caso de la segunda, el suelo actúa como acumulador y convertidor de sustancias biogénicas, como transformador de nitrógeno en el ambiente, como amortiguador y sistema coloidal, como almacén de agua e integrador entre atmósfera e hidrósfera (Schwedt, 2001). De aquí su importancia para el desarrollo de la vida en la tierra y supervivencia del ser humano.

Las funciones del suelo se ven afectadas debido a la degradación provocada por las actividades humanas, principalmente, la de producción de alimentos, ya que la degradación conlleva a una pérdida en su fertilidad. Por lo que es de vital importancia mantenerlo sano.

“El suelo es un sistema dinámico que interactúa con el aire y estrechamente con las aguas superficiales y subterráneas, modificando su composición y grado de contaminación” (Reyes, et. al., 2011).

Algunos de los contaminantes llegan al suelo por uno de dos medios: 1) deposición húmeda, o 2) deposición seca (Figura 5).

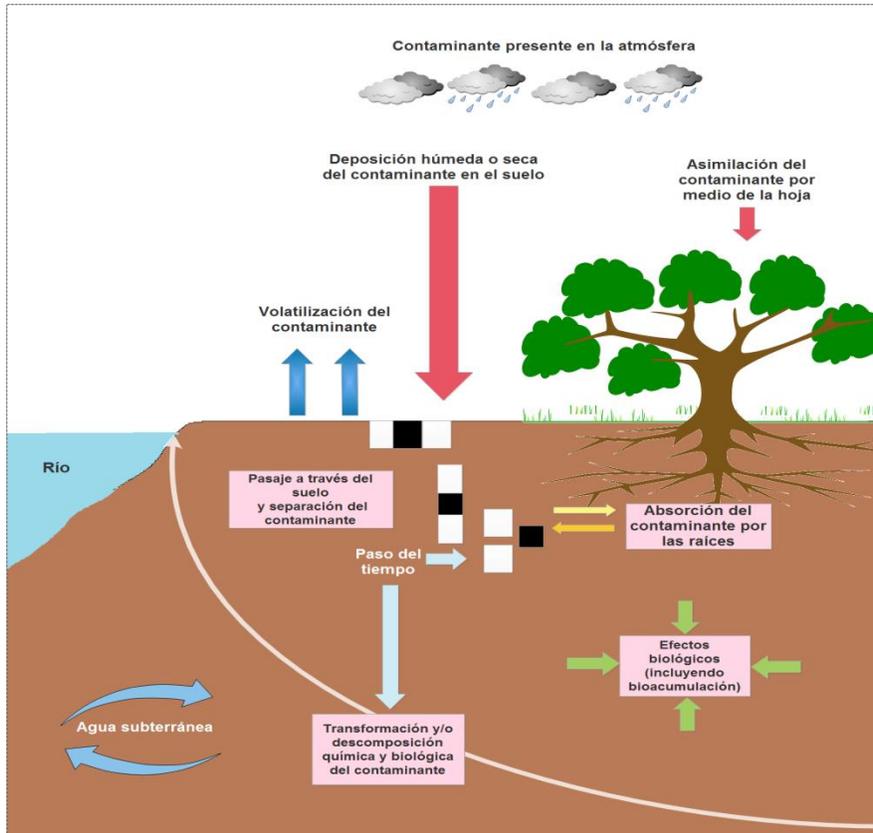


Figura 5. Ciclo de las sustancias químicas en el suelo.

Fuente: Adaptado de Schwedt, 2001.

Ya dentro del suelo, los procesos implicados en el paso a través de éste pueden ocasionar una separación de los mismos después de un determinado tiempo.

Reacciones y procesos similares que tienen lugar en el agua pueden ocurrir en el suelo, puesto que la cantidad de agua presente en el mismo, además de la cantidad de oxígeno presente en las capas superficiales y la presencia de microorganismos, favorecen su desarrollo.

En resumen, los espacios del suelo llenados con raíces representan un camino especial de absorción para los contaminantes químicos. Cerca de las raíces de los árboles estos contaminantes pueden descomponerse y/o transformarse en alto grado debido a la fauna y flora especial.

Finalmente, los contaminantes pueden entrar al agua subterránea después de pasar a través del suelo, ya sea como otra especie o sin presentar cambios (Schwedt, 2001)

3.2.3 Atmósfera.

Por último, pero no por ello menos importante, tenemos la atmósfera. Este compartimiento medioambiental es casi en su mayoría gaseoso y se compone principalmente de nitrógeno y oxígeno. Está dividida en zonas verticales, las cuales difieren en su temperatura y concentración de partículas (figura 6).

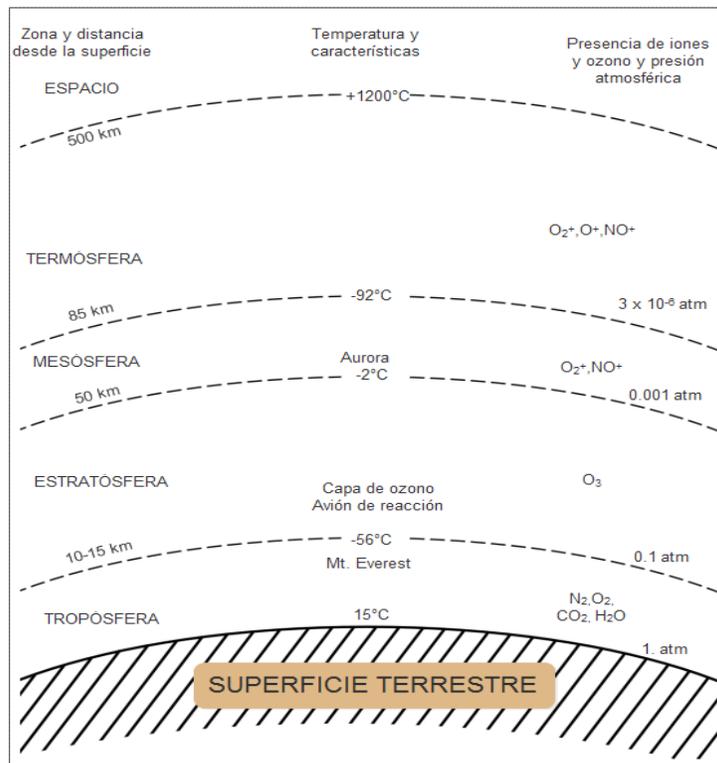


Figura 6. Composición de la atmósfera.

Fuente: Adaptado de Cornell, 2005.

“La atmósfera es un sistema dinámico que se encuentra en constante movimiento; las sustancias que la componen se transforman continuamente por efecto de reacciones químicas; además, hay un intercambio continuo de materia entre atmósfera, los océanos y el suelo. En cierto sentido, la contaminación es precisamente la modificación de este estado de equilibrio dinámico.

Y de ahí la importancia de que se tomen en consideración los ciclos naturales a través de los cuales las sustancias químicas mantienen su equilibrio” (Caselli, 2000).

Los contaminantes se generan o son emitidos en la superficie terrestre, en la parte inferior de la tropósfera, pudiendo seguir tres vías desde su emisión hasta su acción sobre los seres vivos o sobre los materiales (Figueroa, et. al., 2011):

1. Sufrir reacciones químicas en la zona de su emisión.
2. Transportarse hacia la estratósfera, sufriendo diversos procesos.
3. Depositarse en la tropósfera ya sea, por vía seca (sedimentación) o húmeda (acompañando a la lluvia nieve, etc.).

Uno de los métodos utilizados para estudiar los procesos químicos que suceden en la atmósfera es mediante el uso del modelo de cajas para la Química Atmosférica, el cual es un modelo sencillo que determina la composición química del aire dentro de la caja y el flujo de salida; proponiendo que la entrada a la misma puede darse por dos vías:

- 1) Fuentes de emisión.
- 2) Movimientos atmosféricos (ya sea por medio de advección o mergin).

Sin embargo, para usar el modelo se deben tomar en cuenta las dimensiones y posición de la caja (frecuentemente se coloca en el suelo con el fin de poder reflejar los cambios en la dimensión vertical con las variaciones en el transcurso de un día) para poder considerar las transformaciones químicas (Schwedt, 2001).

Finalmente, el modelo hace las siguientes consideraciones:

- Se asume que las emisiones dentro de la caja se mezclan bien.
- Las especies químicas del aire limpio pueden entrar a la caja.
- Las reacciones fotoquímicas y la radiación solar se toman en cuenta.
- Las reacciones se llevan a cabo en estado gaseoso y en la superficie de partículas de aerosol, por ejemplo, nubes, lluvia y gotas de niebla.
- Se deben tomar todos los cambios en las características que dependen del tiempo: tráfico, dirección y velocidad del viento, otras fuentes de emisión, por mencionar algunas.

En conclusión, el ámbito en que nos movemos, nuestro medio ambiente, queda restringido a la corteza, hidrósfera y litósfera, que están siendo perturbadas de sus estados naturales por las actividades humanas, pudiendo pues hablarse de contaminación atmosférica, de las aguas y de la litósfera (Figueroa, et. al., 2011).



CAPÍTULO 4. PROTOCOLOS EXPERIMENTALES PARA LA ASIGNATURA DE QUÍMICA AMBIENTAL

4.1 Estructura de los protocolos experimentales.

Primeramente, se trabajó en el desarrollo del formato del protocolo, es decir, definir las secciones que lo conforman y el orden de éstas, de forma que al ser presentado a los estudiantes puedan seguir el procedimiento en una secuencia lógica y ordenada, cumpliendo con los objetivos de enseñanza y aprendizaje que el trabajo experimental persigue.

El formato propuesto consta de las secciones que se enlistan a continuación:

1. **Título.** Identificación clara del experimento a realizar.
2. **Objetivo.** Se expone claramente lo que se pretende lograr al final del trabajo experimental.
3. **Introducción.** Información breve sobre el tema en cuestión, además de ser relevante para la comprensión del experimento.
4. **Equipo y materiales.** Relación de equipo y materiales necesarios para llevar a cabo la experimentación.
5. **Reactivos.** Lista de reactivos necesarios para llevar a cabo la experimentación, detallando cantidad, concentración, código de riesgo, reactividad y toxicidad.
6. **Desarrollo experimental.** Descripción de los pasos a seguir para la realización del experimento para obtener los resultados deseados.
7. **Resultados.** Registro de los datos experimentales en tabla, gráficas, reacciones, fórmula, etc., obtenidos de la experimentación.
8. **Tratamiento de residuos.** Descripción del tratamiento para cada uno de los residuos generados en la experimentación.

9. **Cuestionario.** Propuesta de preguntas relacionadas con la comprensión del tema abordado en el trabajo experimental.
10. **Referencias.** Relación de documentos para profundizar en el tema en cuestión.

Una vez diseñado el formato del protocolo se procedió a reproducirlos con la intención de identificar aspectos críticos a resultar, así como para adaptarlos al tiempo asignado para la asignatura (ver cuadro 1 del capítulo 2 sección 2.2).

Posteriormente se prosigue a su integración al manual de prácticas de laboratorio, el cual estará conformado por un total de 4 protocolos experimentales; mismos que cubrirán los temas de agua, aire, suelo y cuidado del ambiente.

Lo anterior será con la finalidad de lograr los objetivos académicos siguientes:

- I. **Química del agua.** Obtener una perspectiva sobre aspectos a considerar cuando se realiza un trabajo de campo; además de conocer diversos procedimientos para determinar los distintos tipos de sólidos que pueden estar presentes en el agua y desarrollar habilidades de titulación.
- II. **Química del aire.** Conocer las reacciones implicadas en la producción y destrucción fotoquímica del ozono; así como los factores que intervienen en ellas y a partir de un análisis cinético de los resultados obtenidos determinar qué condiciones son desfavorables para la existencia del mismo.
- III. **Química del suelo.** Obtener una perspectiva sobre aspectos a considerar cuando se realiza un plan de muestreo y analizar las muestras obtenidas.
- IV. **Cuidado del ambiente.** Utilizar la reversibilidad de una reacción y los principios de la electrólisis para generar una fuente de energía alterna.

A continuación se presentan los protocolos experimentales propuestos para integrar el manual de prácticas de laboratorio para la asignatura de Química Ambiental.

4.2 Protocolos experimentales.

QUÍMICA DEL AGUA

“Evaluación de parámetros fisicoquímicos en cuerpos de agua”.

Objetivo

Llevar a cabo la determinación de sólidos y sales disueltas en un cuerpo de agua para evaluar su calidad.

Introducción

La calidad del agua y de idoneidad para el uso se determina por su sabor, olor, color, y la concentración de materias orgánicas e inorgánicas. Los contaminantes en el agua pueden afectar su calidad y en consecuencia la salud de los seres vivos. Las actividades industriales y agrícolas, y las plantas de tratamiento de agua son fuentes potenciales de contaminación de este recurso.

Hoy en día se dispone de una serie de procedimientos y herramientas científicas para evaluar los contaminantes presentes en un cuerpo de agua. Dentro de los cuales se incluye el análisis de diferentes parámetros tales como: pH, turbidez, conductividad, sólidos suspendidos totales (SST), sólidos totales disueltos (STD), carbono orgánico total (COT), y metales pesados. La calidad del agua puede verse afectada si dichos parámetros sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y otros organismos reguladores para cada uno de los mismos.

A nivel mundial las principales fuentes de abastecimiento de agua son ríos, arroyos, lagunas, etc., por lo tanto, la evaluación de la calidad de los cuerpos de agua se debe realizar de forma periódica.

Equipo y materiales

Cantidad	Equipo	Cantidad	Equipo
1	Bomba de vacío.	1	Hielera de 40 L aprox.
1	Estufa eléctrica (para operar de 103°C a 105°C).	3	Fracos ámbar de vidrio de 1 L.
1	Balanza analítica con precisión de 0.1 mg.	1	Mufla eléctrica (para operar a 500 °C ± 50°C).
1	Bolsa de hielo.	3	Etiquetas.
1	Botella Van Dorm.	1	Bitácora de campo.
1	Cámara fotográfica.	1	Piseta con agua desionizada.
1	GPS.	3	Cápsulas de porcelana.
1	Termohigrómetro.	1	Desecador.
1	Filtros menores de 1.2 µm (de preferencia de 0.45 µm).	1	Matraz Kitasato de 100 mL.
1	Probeta de 50 mL.	3	Filtros con una porosidad ≤ 2 µm.
1	Mortero.	1	Pinzas para filtros.
1	Bureta de 50 mL.	1	Medidor de viento Kestrel 3000.
1	Parilla eléctrica.	1	Pinzas largas.
1	Manguera para vacío.	1	Embudo Büchner.
1	Matraz aforado de 250 mL.	1	Vaso de precipitados de 100 mL.
1	Matraz aforado de 1 L.	1	Pipeta volumétrica de 50 mL.
1	Pipeta graduada de 10 mL.	1	Botella de plástico de 250 mL.
1	Matraz Erlenmeyer de 500 mL.	1	Matraz Erlenmeyer de 50 mL.
3	Vidrios de reloj.	1	Espátula.
1	Medidor multiparámetros con electrodos de pH, conductividad y oxígeno disuelto.		

Reactivos

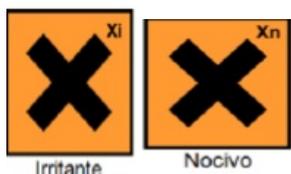
a) Cantidad.

Cantidad	Reactivos
10 g	EDTA.
50 g	Sulfato de magnesio Q.P.
20 g	Cloruro de magnesio Q.P.
50 g	Cloruro de amonio Q.P.
100 g	Cloruro de sodio Q.P.
50 g	Hidróxido de amonio concentrado.
5 g	Negro de eriocromo T (NET).
20 g	Carbonato de calcio anhidro.
10 mL	Hidróxido de amonio 3 N.
100 mL	Ácido clorhídrico 6 N.
10 mL	Rojo de metilo en solución.

b) Código de riesgo.

Número	Salud	Inflamabilidad (en base al punto de inflamabilidad)	Reactividad
0	Sin riesgo	No inflamable	Estable
1	Ligeramente peligroso	Más de 93°C	Inestable si se calienta
2	Peligroso	Menos de 93°C	Cambio químico violento
3	Peligro extremo	Menos de 38°C	Detona con calor y/o golpe
4	Mortal	Menos de 23°C	Detona

EDTA. Puede causar irritación en el tracto digestivo, ojos, piel y vías tracto respiratorias.



Salud	Inflamabilidad	Reactivo	Protección
1	1	0	A

MgSO₄. Puede provocar irritación por contacto en la piel, irritación en los ojos y vías respiratorias; asimismo, por ingestión puede provocar náuseas, vómitos, diarrea, irritaciones en mucosas de la boca, garganta, esófago y tracto intestinal.



Salud	Inflamabilidad	Reactivo	Protección
1	0	1	A

MgCl₂. La inhalación causa irritaciones de las membranas mucosas y tos, además de irritación en piel y ojos; la ingestión causa náuseas, molestias, dolor abdominal, vómitos y diarrea.



Salud	Inflamabilidad	Reactivo	Protección
1	0	1	A

NH₄Cl. La ingestión de grandes cantidades provoca dolores de cabeza, náuseas y pérdida del conocimiento; irrita los ojos, en contacto con la piel causa irritaciones leves. La inhalación del polvo causa irritaciones en vías respiratorias, tos y dificultades respiratorias.



Salud	Inflamabilidad	Reactivo	Protección
3	0	0	B

NaCl. Por ingestión puede provocar náuseas y vómitos, así como acidez estomacal. Por contacto en la piel causa irritación, al igual que en vías tractorespiratorias y ojos.

Salud	Inflamabilidad	Reactivo	Protección
1	0	0	A

NH₄OH. Provoca quemaduras e irrita las vías respiratorias. La exposición prolongada provoca dolores de cabeza, flujo salival, náuseas, vómitos, vértigo, narcosis, lesiones en la piel. Por contacto ocular provoca trastornos de visión.



Salud	Inflamabilidad	Reactivo	Protección
3	0	1	B

Negro de eriocromo T (NET). Las características peligrosas probables son irritaciones, en contacto con piel, ojos e ingestión. Efectos sistémicos: hipotensión, metahemoglobinemia con cefaleas, arritmias, espasmos y cianosis.

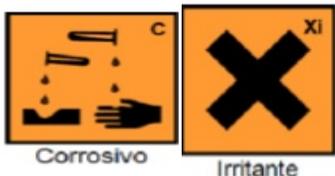


Salud	Inflamabilidad	Reactivo	Protección
1	0	1	A

CaCO₃. Por inhalación las concentraciones excesivas de polvo pueden producir molestias como tos, estornudos e irritación nasal. Dosis orales excesivas pueden producir alcalosis e hipercalcemia.

Salud	Inflamabilidad	Reactivo	Protección
1	0	0	A

HCl. Sustancia muy corrosiva. Provoca quemaduras e irrita la piel. La inhalación de vapores provoca irritaciones en vías respiratorias. Por contacto ocular provoca quemaduras, ceguera (lesión irreversible del nervio óptico. Por ingestión provoca quemaduras en el aparato digestivo, puede provocar perforación intestinal y de esófago; después de un período de latencia: paro cardiovascular.



Salud	Inflamabilidad	Reactivo	Protección
3	0	1	b

Rojo de metilo. Puede provocar irritación en el tracto respiratorio, en la piel y en los ojos; es nocivo si se ingiere.



Salud	Inflamabilidad	Reactivo	Protección
3	4	2	B

c) Reactividad y toxicidad.

Incompatibilidad: es la característica de aquellas sustancias químicas que, al mezclarse entre sí, debido a sus propiedades físicas o químicas, pueden generar una reacción en cadena, peligrosa para el trabajador, el centro de trabajo, el equilibrio ecológico o el ambiente.

Toxicidad: es la capacidad de una sustancia para causar daño a la salud a un organismo vivo.

CAPÍTULO 4. PROTOCOLOS EXPERIMENTALES PARA LA ASIGNATURA DE QUÍMICA AMBIENTAL

Reactivo	Reactividad	Toxicidad*	Referencia
EDTA	Incompatible con agentes oxidantes fuertes, bases fuertes, cobre y aluminio	DL ₅₀ =30 mg/kg (oral ratón).	AnderQuím. Especialidades químicas. (s.f.). Ficha de seguridad EDTA. Recuperado el 10 de julio de 2016 de: http://iio.ens.uabc.mx/hojas-seguridad/edta_fds.pdf
MgSO ₄	Evitar condiciones de calor y humedad. Incompatible con alcohol etílico, arseniatos, fosfatos, tartratos, plomo, bario, estroncio y calcio.	DLL _o oral ratón= 5000 mg/kg (referido a la sustancia anhidra)	CTR SCIENTIFIC. (s.f.).Hoja de datos de seguridad Sulfato de magnesio heptahidratado. Recuperado el 10 de julio de 2016 de: http://www.ctr.com.mx/pdfcert/Sulfato%20de%20Magnesio.pdf Monómeros. (Agosto 26, 2008). Hoja de datos de seguridad del material (NTC 4435). Recuperado el 10 de julio de 2016 de: http://www.monomeros.com/descargas/hskieserita.pdf
MgCl ₂	Normalmente estable, aunque presenta incompatibilidad química con agentes oxidantes fuertes (genera gas cloro), metales comunes y ácido furano-2-peroxicarboxílico. Además, es higroscópico y se descompone a altas temperaturas.	DL ₅₀ =8100 mg/kg (oral rata).	GTM. (Agosto, 2014). Hoja de datos de seguridad. Recuperado el 10 de julio de 2016 de: http://www.gtm.net/images/industrial/c/CLORURO%20DE%20MAGN ESIO.pdf
NH ₄ Cl	Es Incombustible. En caso de incendio pueden formarse vapores tóxicos de NH ₃ , HCl, Cl ₂ . Se deben evitar temperaturas elevadas. Incompatible con cloro, cloratos, halogenuros de halógenos, hidróxidos alcalinos, nitratos y nitritos.	Toxicidad aguda: DL ₅₀ =1300 mg/kg (oral ratón). DL ₅₀ =1650 mg/kg (oral rata). DL ₅₀ = 1439 mg/kg (intraperitoneal ratón). DLL _o oral conejo= 1000 mg/kg	CTRSCIENTIFIC. (s.f.).Hoja de datos de seguridad Cloruro de amonio. Recuperado el 10 de julio de 2016 de: http://www.uacj.mx/IIT/CICTA/Documents/Quimicos/Cloruro%20de%20A monio.pdf

Reactivo	Reactividad	Toxicidad*	Referencia
NaCl	Estable. Cuando se calienta a una temperatura alta, hay emisión de vapor irritante, particularmente para los ojos.	DL ₅₀ = 3,550 mg/kg CL ₅₀ = Inhalación-rata- 1 h > 42,000 mg/m ³ DL ₅₀ = Cutáneoconejo > 10,000 mg/kg	SIGMA-ALDRICH (Julio 24, 2014). Ficha de datos seguridad. Recuperado el 18 de mayo de 2016 de: http://www.sigmaaldrich.com/MSDS/MSDS/DisplayMSDSPage.do?country=MX&language=es&productNumber=S9888&brand=SIGALD&PageToGoToURL=http%253A%252F%252Fwww.sigmaaldrich.com%252FMSDS%252FMSDS%252FPleaseWaitMSDSPage.do%253Flanguage%253D%2526country%253D%2526brand%253D%2526productNumber%253DS9888%2526PageToGoToURL%253D%252Fsafety-center.html
NH ₄ OH	Se deben evitar temperaturas elevadas. Es incompatible con hidróxidos alcalinos, halogenuros de halógenos, hidrocarburos halogenados, agentes oxidantes (entre otros, ácido perclórico, percloratos, halogenuros, CrO ₃ , halogenóxidos, ácido nítrico, óxidos de nitrógeno, óxidos no metálicos, ácido cromosulfúrico), metales alcalinos, nitrosilos, metales y etanolamina. Los peróxidos son productos de descomposición. Además, la exposición a la luz y al aire favorece la formación de peróxidos. Los gases o vapores pueden formar mezclas explosivas con el aire.	LD ₅₀ =5800 mg/kg (oral rata).	CTRSCIENTIFIC. (s.f.). Hoja de datos de seguridad Hidróxido de amonio. Recuperado el 10 de julio de 2016 de: http://www.uacj.mx/IIT/CICTA/Documents/Quimicos/Cloruro%20de%20Amonio.pdf
Negro de eriocromo T (NET)	Combustible. En caso de incendio pueden formarse vapores tóxicos.	No se dispone de información.	CTRSCIENTIFIC. (sf). Hoja de datos de seguridad eriocromo negro T. Recuperado el 10 de julio de 2016 de: http://www.ctr.com.mx/pdfcert/Eriocromo%20Negro%20T.pdf

CAPÍTULO 4. PROTOCOLOS EXPERIMENTALES PARA LA ASIGNATURA DE QUÍMICA AMBIENTAL

Reactivo	Reactividad	Toxicidad*	Referencia
CaCO ₃	Estable en condiciones ordinarias de uso y almacenamiento. Cuando se calienta hasta la descomposición (825 °C) emite vapores de óxido de calcio y libera dióxido de carbono. Incompatible con ácidos, flúor y magnesio con hidrógeno.	No se obtuvo información sobre las LD50/LC50 relacionadas con las rutas normales de exposición ocupacional.	GTM. (Agosto, 2014). Hoja de datos de seguridad. Recuperado el 10 julio de 2016 de: http://www.gtm.net/images/industrial/c/CARBONATO%20DE%20CALCI%20O.pdf
HCl	Es incompatible con aluminio, aminas, carburos, hidruros, flúor, metales alcalinos, metales, KMnO ₄ , bases fuertes, halogenados, ácido sulfúrico concentrado, hidruros de metaloides, óxidos de metaloides, aldehídos, sulfuros, litio siliciuro y éter vinil metílico. El cloruro de hidrógeno y cloro son productos de descomposición.	IDLH= 100ppm RQ: 5000 CLL _o :(inhalación en humanos) = 1300 ppm/30 min; 3000/5 min. CL ₅₀ : (inhalación en ratas) = 3124 ppm/1h. DL ₅₀ (oral en conejos) = 900 mg/kg.	CTRSCIENTIFIC. (sf). Hoja de datos de seguridad ácido clorhídrico. Recuperado el 10 de julio de 2016 de: http://www.uacj.mx/iit/cicta/documents/acidos/acido%20clorhidrico.pdf
Rojo de metilo	Estable bajo las condiciones de almacenamiento recomendadas. Incompatible con agentes oxidantes fuertes. Productos de descomposición peligrosos formados en condiciones de incendio: Óxidos de carbono y óxidos de nitrógeno (NO _x).	No se dispone de información.	SIGMA-ALDRICH (Julio 4, 2011). Ficha de datos seguridad. Recuperado el 10 de Julio de 2016 de: http://www.sigmaaldrich.com/MSDS/MSDS/DisplayMSDSPage.do?country=MX&language=es&productNumber=32654&brand=FLUKA&PageToGoToURL=http%253A%252F%252Fwww.sigmaaldrich.com%252FMSDS%252FMSDS%252FPleaseWaitMSDSPage.do%253Flanguage%253D%2526country%253D%2526brand%253D%2526productNumber%253D32654%2526PageToGoToURL%253D%252Fsafety-center.html

* **Dosis Letal Media (DL₅₀)**: es la cantidad de una sustancia (miligramos o gramos por kilogramo corporal del sujeto de prueba) obtenida estadísticamente, y que administrada por vía oral o dérmica, matará al 50% de un grupo de animales de experimentación.

DLL_o. Dosis letal mínima publicada.

CLL_o. Concentración letal mínima publicada.

CL₅₀. Concentración con la cual se provoca la muerte del 50% de una población de animales sometidos a experimentación.

IDLH (Immediately Dangerous to Life and Health). Concentración máxima a la cual puede escaparse de un lugar en los 30 minutos siguientes sin que se presenten síntomas irreversibles a la salud. Se usa para determinar el tipo de respirador. No se consideran efectos carcinogénicos.

RQ (Reportable Quality). Cantidad de sustancia que excede la medida de EPA.

Desarrollo experimental

1. Preparación de material de laboratorio

❖ Cápsulas de porcelana a peso constante

- a) Las cápsulas se introducen a la mufla a una temperatura de $550^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$, durante 20 minutos como mínimo. Después de este tiempo transferirlas a la estufa a $103^{\circ}\text{C} - 105^{\circ}\text{C}$ aproximadamente 20 minutos.
- b) Sacar y enfriar a temperatura ambiente dentro de un desecador.
- c) Pesar las cápsulas y registrar los datos.
- d) Repetir el ciclo hasta alcanzar el peso constante, el cual se obtendrá hasta que no haya una variación en el peso mayor a 0,5 mg. Registrar el dato como “C”.

• Papel filtro a peso constante

- a) Colocar cada papel filtro menor a $1.2 \mu\text{m}$ en un vidrio de reloj o cápsula de porcelana.
- b) Los filtros se introducen a la estufa a $103^{\circ}\text{C} - 105^{\circ}\text{C}$ aproximadamente 20 min.
- c) Sacar y enfriar a temperatura ambiente dentro de un desecador.
- d) Pesar los filtros y repetir el ciclo hasta alcanzar el peso constante, el cual se obtiene hasta que no haya una variación en el peso mayor a 0,5 mg. Registrar el dato como “F”.

2. Preparación de material de campo

- a) Lavar con agua y jabón (libre de sulfatos) los frascos ámbar de vidrio del volumen requerido, enjuagar con agua de la llave y dos veces más con agua destilada.
- b) Preparar las etiquetas (por triplicado) y colocarlas con los datos mínimos de los sitios de muestreo (etiquetar y resguardar con cinta adhesiva).
- c) Se deben calibrar el equipo de trabajo.
 - i. Calibrar el medidor multiparámetros para la altura de la Ciudad de México (pH, Conductividad, Oxígeno Disuelto, Salinidad), ver manual.
- d) Revisar la cámara fotográfica comprobando el funcionamiento adecuado.
- e) Lavar la hielera con jabón (libre de sulfatos) seguido de un enjuague con agua de la llave y con agua destilada.
- f) Preparar la Bitácora de Trabajo de Campo, con los siguientes apartados:
 - i. Hora de Llegada.

- ii. Hora de salida.
 - iii. Hora de inicio de toma de muestras.
 - iv. Duración del muestreo.
 - v. Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo.
 - vi. Observaciones del sitio.
- g) Preparar mapa de la zona, ubicando los puntos de muestreo propuestos.
- h) Alimentar el GPS con los puntos de muestreo propuestos.

3. Ropa de campo

- a) Se recomienda:
- i. Llevar ropa ligera.
 - ii. Usar zapatos cerrados o botas, no tacones, no sandalias.
 - iii. Pantalones de mezclilla.
 - iv. Camisa o playera de algodón de manga larga, de preferencia de color claro.
 - v. Sombrero, gorra o visera.

4. Toma de muestra y medición de parámetros de campo.

- a) Con la ayuda de la botella Van Dorm (Figura 1) tomar una muestra de agua a la profundidad de 30 cm.



Figura 1. Botella Van Dorm.

- b) Transvasar la muestra en los recipientes ámbar y cierre herméticamente.
- c) Registre los datos de campo utilizando los equipos (Figura 2):
- i. Ubicación del lugar (coordenadas).
 - ii. Humedad del ambiental (%).
 - iii. Temperatura ambiental (°C).
 - iv. Velocidad y dirección del viento (m²/s).



Figura 2.Equipos de campo.

- d) Registrar los parámetros del cuerpo de agua utilizando el equipo multiparámetros (Figura 3):
- i. Temperatura del agua (°C).
 - ii. Conductividad del agua ($\mu\text{S}/\text{cm}$).
 - iii. Oxígeno disuelto del agua (%).
 - iv. pH



Figura 3. Medidor multiparámetros con electrodos.

- e) Asegurar bitácora de trabajo, cámara y equipo de campo.
- f) Almacenar los frascos en la hielera para ser trasladados al laboratorio y ser refrigerados \leq de 4°C hasta su análisis.

5. Preparación de la muestra.

- a) Sacar los frascos del refrigerador y dejarlos alcanza la temperatura ambiente.
- b) Agitar las muestras para asegurar su homogenización.

Determinación de parámetros

1. Determinación de sólidos totales (STT)

- a) Tomar 100 mL de muestra.
- b) Transferir la muestra a la cápsula de porcelana que previamente ha sido puesta a peso constante. Registrar el dato como “C”.
- c) Evaporar en una parrilla hasta que quede un remanente de 5 mL, teniendo precaución de que no hay pérdida de muestra durante el proceso.
- d) Llevar a sequedad la muestra en la estufa a 103°C-105°C durante 1h.
- e) Transcurrido el tiempo, dejar enfriar la cápsula de porcelana en un desecador permitiendo alcanzar la temperatura ambiente y determinar su peso hasta alcanzar peso constante. Registrar el dato como “P1”.

$$STT \left[\frac{mg}{L} \right] = \frac{(P1 - C)[mg] \times 1000}{V[mL]}$$

2. Determinación de sólidos totales fijos (STF) y totales volátiles (STV)

- a) Introducir la cápsula de porcelana obtenida de la determinación de STT a la mufla a 550°C ± 50°C durante 15 a 20 minutos. Transcurrido el tiempo, transferir la cápsula de porcelana a una estufa a 103°C - 105°C por 20 minutos
- b) Retirar la cápsula de porcelana de la estufa y dejar enfriar y alcanzar la temperatura ambiente y peso constante en un desecador. Registrar el dato como “P2”.

$$STV \left[\frac{mg}{L} \right] = \frac{(P1 - P2)[mg] \times 1000}{V[mL]}$$

- c) Los sólidos totales fijos se determinan por diferencia de entre los sólidos totales y los sólidos totales volátiles

$$STF \left[\frac{mg}{L} \right] = STT \left[\frac{mg}{L} \right] - STV \left[\frac{mg}{L} \right]$$

Nota: En el caso en el que se trabaje determinaciones por duplicado o triplicado, los resultados como máximo pueden tener una variación del 5 por ciento del promedio.

3. Determinación de sólidos suspendidos totales (SST)

- Medir en probeta 25 ml de muestra, previamente homogenizada.
- Filtrar al vacío la muestra a través de papeles filtro previamente preparados a peso constante. Registre el dato como “F”; enjuagar la probeta tres veces con 10 mL de agua y filtre el agua de enjuague dejando que el agua drene totalmente en cada lavado.
- Suspender el vacío y secar el papel filtro en una estufa a 103°C a 105°C durante 1 hora aproximadamente. Sacar el papel filtro y dejar enfriar en un desecador a temperatura ambiente y determinar su peso hasta alcanzar peso constante. Registrar el dato como “P3”.

$$SST \left[\frac{mg}{L} \right] = \frac{(P3 - F)[mg] \times 1000}{25 \text{ mL}}$$

4. Determinación de sólidos suspendidos volátiles (SSV)

- Introducir una cápsula de porcelana con el papel filtro proveniente de la determinación de SST a una mufla a 550°C ± 50°C por 15 a 20 minutos.
- Pasado el tiempo de calcinación enfriar y transferir la cápsula de porcelana a una estufa a 103°C - 105°C por 20 minutos.
- Finalizado el tiempo, dejar enfriar en un desecador a temperatura ambiente y determinar su peso hasta alcanzar peso constante. Registrar el dato como “P4”

$$STV \left[\frac{mg}{L} \right] = \frac{(P3 - P4)[mg] \times 1000}{25 \text{ mL}}$$

5. Determinación de sólidos suspendidos fijos (SSF)

- Los sólidos suspendidos fijos se determinan por diferencia de entre los sólidos suspendidos totales y los sólidos suspendidos volátiles.

$$SSF \left[\frac{mg}{L} \right] = SST \left[\frac{mg}{L} \right] - SSV \left[\frac{mg}{L} \right]$$

6. Determinación de sólidos disueltos totales

- Los sólidos disueltos totales se determinan por diferencia de entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos totales.

$$SDT \left[\frac{mg}{L} \right] = STT \left[\frac{mg}{L} \right] - SST \left[\frac{mg}{L} \right]$$

7. Determinación de sólidos disueltos fijos

- a) Los sólidos disueltos fijos se determinan por diferencia de entre los sólidos totales fijos y los sólidos suspendidos fijos.

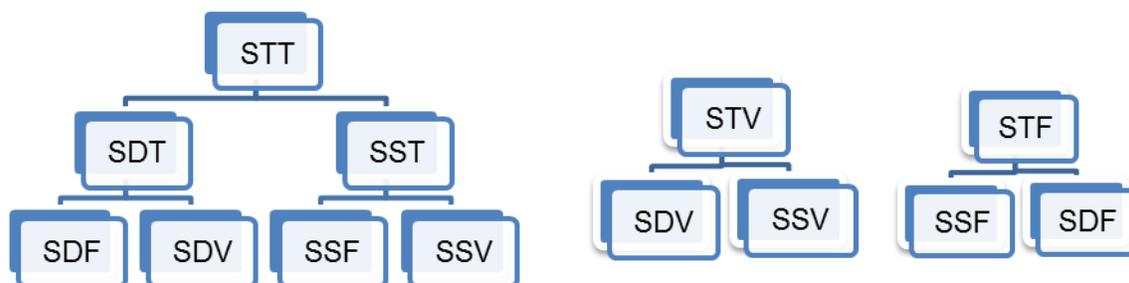
$$SDF \left[\frac{mg}{L} \right] = STF \left[\frac{mg}{L} \right] - SSF \left[\frac{mg}{L} \right]$$

8. Determinación de sólidos disueltos volátiles

- a) Los sólidos disueltos volátiles se determinan por diferencia de entre los sólidos totales volátiles y los sólidos suspendidos volátiles.

$$SDV \left[\frac{mg}{L} \right] = STV \left[\frac{mg}{L} \right] - SSV \left[\frac{mg}{L} \right]$$

Diagramas



9. Determinación de Dureza Total.

1. Preparar las siguientes soluciones:

- Solución Buffer:

- Disolver 1.179 g de EDTA y 780 mg de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ o 644 mg de $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ en 50 mL de agua destilada. Agregar a esta solución 16.9 g de cloruro de amonio (NH_4Cl) y 143 mL de hidróxido de amonio (NH_4OH) concentrado.
- Mezclar y llevar a 250 mL con agua destilada.
- Almacenar en una botella de plástico.

- Reactivo Indicador Negro de Eriocromo-T (NeT):
 - a) Pulverizar en mortero una mezcla de 0.5 g de NeT con 100 g de NaCl.

- Solución titulante de EDTA 0.01M:
 - a) Disolver 3.723 g de EDTA en 1000 mL de agua destilada.
 - b) Almacenar en una botella de plástico.

Nota: *Se puede titular con una solución patrón de calcio.*

- Solución estándar de calcio, 1 g CaCO₃/L:
 - a) Pesar 1.0 g de CaCO₃ anhidro y transferir a un matraz Erlenmeyer de 500 mL.
 - b) Agregar lentamente solución de HCl 6 N hasta que toda la sal de calcio se disuelva.
 - c) Agregar 200 mL de agua destilada y hervir 5 minutos para eliminar completamente el CO₂.
 - d) Enfriar y agregar unas gotas de solución de rojo de metilo y ajustar al color intermedio naranja agregando solución 3N de NH₄OH o solución de HCl 6N.
 - e) Transferir y aforar a 1000 mL con agua destilada en matraz aforado.

2. Titulación de la solución de EDTA:

- a) Tomar 10.0 mL de solución estándar de calcio y diluir a 50 mL en un matraz Erlenmeyer.
- b) Agregar 1.0 mL de solución buffer (preparada previamente). El pH deberá estar entre 10.0 y 10.1, en caso contrario descartar la solución buffer.
- c) Agregar una punta de espátula de reactivo indicador NeT.
- d) Titular con solución de EDTA lentamente y agitando continuamente hasta el vire de rosado a azul.

Nota: *Completar la titulación dentro de los cinco minutos siguientes a la adición de la solución buffer.*

3. Titulación de la muestra:

- a) Seleccionar un volumen de muestra que requiera un gasto de EDTA menor a 15 mL.
- b) Diluir la muestra con 50 mL con agua destilada.

- c) Agregar 1 o 2 mL de solución buffer. El pH deberá ser 10.0 ± 0.1 , en caso contrario descartar la solución buffer.
- d) Agregar una punta de espátula de reactivo indicador NeT.
- e) Titular con solución de EDTA lentamente y agitando continuamente hasta el vire de rosado a azul.

Nota: Completar la titulación dentro de los cinco minutos siguientes al agregado de la solución buffer.

Cálculos:

$$T \left[\frac{mg}{L} \right] = \frac{P * V1}{G1}$$

donde:

T= mg de $CaCO_3$ equivalentes a 1000 mL de EDTA.

P=mg $CaCO_3$ /L de la solución estándar de calcio.

V1= volumen de solución estándar de calcio tomados en la titulación de la solución de EDTA, (10.0 mL).

G1= gasto de la solución de EDTA consumidos en su titulación(mL).

$$Dureza\ total, mg\ CaCO_3/L = \frac{T * G2}{V2}$$

donde:

V2= volumen de muestra tomados para la determinación(L).

G2=volumen de solución de EDTA consumidos en la titulación de la muestra (L).

Tabla de resultados

Datos de campo	Valor registrado
Ubicación del lugar (coordenadas)	
Temperatura del agua (°C)	
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	
Oxígeno disuelto (%)	
pH	
Velocidad del viento (m^2/s)	
Humedad del sitio (%)	

Parámetros en el Laboratorio	(mg/L)
Sólidos Totales (STT)	
Sólidos Totales Fijos (STF)	
Sólidos Totales Volátiles (STV)	
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	
Dureza total $\text{mgCaCO}_3 / \text{L}$	

Tratamiento de residuos

Residuo	Tratamiento
Soluciones acuosas con sales inorgánicas más indicador.	Adsorber el colorante con carbón activado y enviar a incineración, la solución se desecha neutra al drenaje.

Cuestionario

1. ¿Por qué es importante determinar los SST?
2. En la determinación de parámetros de laboratorio ¿Por qué es importante poner a peso constante las cápsulas de porcelana y los filtros?
3. ¿Qué parámetro nos indica la presencia de sales en el agua?, ¿Qué importancia tiene esta determinación?
4. ¿Por qué es importante la medición del oxígeno disuelto?
5. ¿Cómo afecta la temperatura a la calidad de un cuerpo de agua?

Referencias

1. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) and Water Environment Federation (WEF). (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22nd edition. Washington, D.C.; APHA, AWWA&WPCF.
2. Metcalf & Eddy, Inc. (2014). *Wastewater engineering treatment, disposal and reuse*. 5th edition. London. McGraw-Hill.
3. Nollet, L. M. L., De Gelder, L. S. P. (2014). *Handbook of Water Analysis*. 3rd. edition. USA. CRC Press, USA.
4. World Health Organization (WHO). (2011). *Guidelines for Drinking-Water Quality*. 4th edition. Geneva, Switzerland. WHO Press.

QUÍMICA DEL AIRE

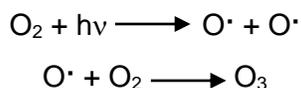
“Evaluación del comportamiento y destrucción de la capa de ozono “.

Objetivo

Observar el comportamiento del ozono en la estratósfera, reproduciendo en el laboratorio las reacciones de éste en presencia de luz UV y compuestos halogenados, cuantificándolo mediante una técnica volumétrica para ilustrar como las diversas situaciones desarrolladas afectan su concentración y por ende, su existencia en la estratósfera.

Introducción

El ozono se produce por disociación de las moléculas de oxígeno diatómico (O_2) a átomos de oxígeno (O) cuando la radiación ultravioleta proveniente del sol entra en la estratosfera. El oxígeno atómico reacciona rápidamente con otras moléculas de oxígeno diatómico para formar el ozono, mediante las siguientes reacciones:

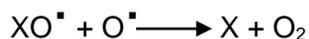
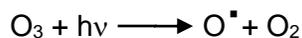
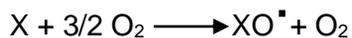


Así mismo, el ozono también sufre un proceso de destrucción, en el cual el oxígeno atómico reacciona con éste para formar dos moléculas de oxígeno:



Destrucción catalítica del ozono

Es importante resaltar que el ozono se genera y se destruye todo el tiempo en la estratosfera de manera natural; el conjunto de reacciones implicadas en este ciclo de formación y destrucción del ozono se conoce como “reacciones de Chapman”.



Cuando se rompe el equilibrio en las reacciones de Chapman, ya sea por factores naturales o antropogénicos, se favorece la destrucción del ozono, donde X representa especies químicas capaces de catalizar la reacción de destrucción del ozono.

En este experimento se observará el proceso de destrucción de ozono en presencia de diferentes compuestos y condiciones.

Equipo y materiales

Cantidad	Equipo	Cantidad	Equipo
4	Bolsas Tedlar	7	Matraz Erlenmeyer de 10 mL
1	Bolsa negra de polietileno (calibre 200)	1	Soporte universal
2	Jeringas de 20 mL	1	Pinza de Morh con nuez
1	Pipeta volumétrica de 1 mL	1	Matraz aforado de 50mL
1	Bureta de 25 mL	1	Matraz aforado de 100 mL
1	Agitador magnético	1	Matraz aforado de 25 mL
1	Espátula	1	Generador de ozono
1	Cronómetro	1	Parrilla de calentamiento
1	Masking tape	1	Lámpara UV (250-260 nm)
3	Ligas	1	Tanque de oxígeno
1	Vaso de precipitados de 10 mL		

Reactivos

- **Cantidad.**

Cantidad	Reactivos
100 mL	Solución de yoduro de potasio 0.3 M
100 mL	Solución de tiosulfato pentahidratado 0.005M (Na ₂ S ₂ O ₃ 5H ₂ O)
5 mL	Cloruro de metileno Q. P. (CH ₂ Cl ₂)
100 mL	Indicador de almidón al 0.5 %
20 mL	Ácido sulfúrico concentrado

- **Código de riesgo.**

Número	Salud	Inflamabilidad (en base al punto de inflamabilidad)	Reactividad
0	Sin riesgo	No inflamable	Estable
1	Ligeramente peligroso	Más de 93°C	Inestable si se calienta
2	Peligroso	Menos de 93°C	Cambio químico violento
3	Peligro extremo	Menos de 38°C	Detona con calor y/o golpe
4	Mortal	Menos de 23°C	Detona

KI. Por ingestión se absorbe en estómago e intestinos. En contacto con la piel se absorbe. Por contacto ocular provoca irritaciones leves. No se descarta: hipotensión, trastornos musculares, vómitos, ansiedad y reacción alérgica.



Nocivo

Salud	Inflamabilidad	Reactivo	Protección
2	0	2	A

Na₂S₂O₃. No se conocen datos concretos de esta sustancia sobre efectos por sobredosis en el hombre. No son de esperar características peligrosas. Observar las precauciones habituales en el manejo de productos químicos.



Peligroso para el medio ambiente

Salud	Inflamabilidad	Reactivo	Protección
1	0	1	A

CH₂Cl₂. Carcinógeno. Causa irritaciones en piel y mucosas. Por contacto ocular provoca irritaciones y trastornos de visión. Por ingestión náuseas y vómitos. La absorción de grandes cantidades provoca efectos en el sistema nervioso central: aturdimiento, vértigo, arritmias, hipotensión, parálisis respiratoria, embriaguez, narcosis. Además, no se descartan problemas renales y hepáticos.



Nocivo

Salud	Inflamabilidad	Reactivo	Protección
2	1	0	A

H₂SO₄. Corrosivo e higroscópico. Puede provocar daños en riñones y pulmones, algunas veces ocasiona la muerte. Causa efectos fetales de acuerdo a estudios con animales de laboratorio. Peligro de cáncer. Puede ser fatal si se inhala. Ocasiona severas irritaciones en ojos, piel, tracto respiratorio y digestivo con posibles quemaduras.



Corrosivo

Salud	Inflamabilidad	Reactivo	Protección
4	0	2	C

- **Reactividad y toxicidad.**

Incompatibilidad: es la característica de aquellas sustancias químicas que al mezclarse entre sí, debido a sus propiedades físicas o químicas, pueden generar una reacción en cadena, peligrosa para el trabajador, el centro de trabajo, el equilibrio ecológico o el ambiente.

Toxicidad: es la capacidad de una sustancia para causar daño a la salud a un organismo vivo.

Reactivo	Reactividad	Toxicidad*	Referencia
KI	Incombustible. En caso de incendio pueden formarse vapores tóxicos. Incompatible con metales alcalinos, amoníaco, halogenuros de halógeno, flúor y peróxido de hidrógeno (agua oxigenada).	DL ₅₀ oral mus= 1.862 mg/kg	CTR SCIENTIFIC. (s.f.). Hoja de datos de seguridad Yoduro de potasio. Recuperado el 10 de julio de 2016 de: http://www.uacj.mx/IIT/CICTA/Documents/Quimicos/Yoduro%20de%20Potasio.pdf
Na ₂ S ₂ O ₃	Incombustible. Es incompatible con nitritos, peróxidos (riesgo de explosión), ácidos (se forman sulfóxidos). El dióxido de azufre es un producto de descomposición.	DL ₅₀ ipr mus= 5.600 mg/kg	CTRSCIENTIFIC. (s.f.). Hoja de datos de seguridad Tiosulfato de sodio pentahidratado. Recuperado el 10 de julio de 2016 de: http://www.ctr.com.mx/pdfcert/Tiosulfato%20de%20Sodio%20Pentahidratado.pdf
CH ₂ Cl ₂	Estable bajo condiciones normales de uso y almacenamiento. Incompatible con metales químicamente activos, ácidos fuertes y productos cáusticos fuertes. Especialmente aluminio y magnesio, si se expone durante largo tiempo.	DL ₅₀ = 1600 mg/kg (oral rata).	GTM. (Agosto, 2014). Hoja de datos de seguridad. Recuperado el 10 de julio de 2014 de: http://www.gtm.net/images/industrial/c/CLORURO%20DE%20METILENO.pdf

Reactivo	Reactividad	Toxicidad*	Referencia
H ₂ SO ₄	Descompone a 340°C en trióxido de azufre y agua. Reacciona violentamente con agua, salpicando y liberando calor. Se debe evitar el calor y la humedad. Incompatible con carburos, cloratos, fulminatos, metales en polvo, sodio, fósforo, acetona, ácido nítrico, nitratos, picratos, acetatos, materias orgánicas, acrilonitrilo, soluciones alcalinas, percloratos, permanganatos, acetiluros, epiclorhidrina, anilina y etilendiamina.	DL ₅₀ : 2140 mg/kg (oral rata). CL ₅₀ : 18 mg/m ³ (inhalación, conejillo de indias). LC _{50/2H} : 510 mg/m ³ (inhalación, rata). LC _{50/2H} : 320 mg/m ³ (inhalación, ratón).	Cisproquim (Abril, 2010). Hoja de datos de seguridad ácido sulfúrico. Recuperado el 10 julio de 2016 de: http://ccs.org.co/doc_static/cisproquim/hojas_de_seguridad/ACIDO_SULFURICO.pdf

Dosis Letal Media(DL₅₀): es la cantidad de una sustancia (miligramos o gramos por kilogramo corporal del sujeto de prueba) obtenida estadísticamente, y que, administrada por vía oral o dérmica, matará al 50% de un grupo de animales de experimentación.

DLL_o. Dosis letal mínima publicada.

CLL_o. Concentración letal mínima publicada.

CL₅₀. Concentración con la cual se provoca la muerte del 50% de una población de animales sometidos a experimentación.

Desarrollo experimental

1. Preparación de las disoluciones

- Solución de KI 0.3 M
 - a) Pesar 2.5 g de sulfato de potasio y disolver en un matraz aforado de 50 mL.
 - b) Agitar y aforar con agua destilada.

- Solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.005M
 - a) Pesar 0.012 g de tiosulfato de sodio pentahidratado y disolver en un matraz aforado de 100 mL.
 - b) Agitar y aforar con agua destilada.

- Indicador de almidón al 0.5 %
 - a) Pesar 0.125 g de almidón en un vaso de precipitados y agregar 1 mL de agua destilada.
 - b) Calentar y agitar con ayuda de la barra magnética.
 - c) Trasvasar la suspensión al matraz aforado de 25 mL.
 - d) Agitar y aforar con agua destilada.

2. Llevar a cabo los siguientes experimentos:

- **Ozono vs tiempo**
 - a) Colocar la bolsa Tedlar a la salida del generador de ozono y cierre perfectamente con ayuda de una liga para evitar cualquier fuga de ozono.
 - b) Proteger la bolsa de la luz cubriéndola con la bolsa negra calibre 200 (Figura 1).
 - c) Llenar la bolsa con ozono (tomará aproximadamente 3 minutos).
 - d) Mientras se llena la bolsa Tedlar, en el matraz Erlenmeyer de 10 mL agregue 2 mL de la solución de KI 0.3 M, seguido de 4 gotas de H_2SO_4 concentrado y 4 gotas del Indicador de almidón al 0.5 %. (agitar antes y después de agregar el indicador de almidón).
 - e) Con ayuda de una jeringa de 20 mL, succione completamente la solución del matraz.

- f) Inmediatamente después de que se haya llenado la bolsa, con la misma jeringa tome una muestra de 18 mL del contenido (Figura 2). Mezcle por un minuto y regrese la mezcla al matraz Erlenmeyer.
- g) Titular con la solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.005M (Figura 3) y registre el volumen utilizado en la Tabla 1.
- h) Repetir el procedimiento cada 3 minutos durante 21 minutos.



Figura 1. Llenado de la bolsa Tedlar con el generador de ozono.



Figura 2. Toma de la muestra.

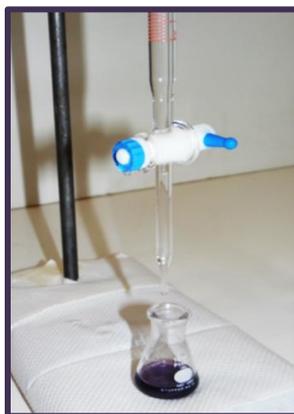


Figura 3. Titulación del O_3 .

- **Ozono + CH₂Cl₂ vs tiempo**

- a) Colocar la bolsa Tedlar la salida del generador de ozono y cierre perfectamente con ayuda de una liga para evitar cualquier fuga de ozono.
- b) Proteger la bolsa de la luz cubriéndola con la bolsa negra calibre 200 (Figura 1).
- c) Llenar la bolsa con ozono (tomará aproximadamente 3 minutos).

Nota: Para este caso, después de que se ha llenado la bolsa introduzca 1 mL de CH₂Cl₂ con ayuda de una jeringa de 20 mL.

- d) Repetir del paso “d)” al paso “h)” del procedimiento anterior.

- **Ozono + luz ultravioleta vs tiempo**

- a) Colocar la bolsa Tedlar a la salida del generador de ozono y cierre perfectamente con ayuda de una liga para evitar cualquier fuga de ozono.
- b) Proteger la bolsa de la luz cubriéndola con la bolsa negra calibre 200 (Figura 1).
- c) Colocar la lámpara UV (250-260 nm) dentro de la bolsa negra calibre 200 y enciéndala.
- d) Llenar la bolsa con ozono (tomará aproximadamente 3 minutos).
- e) Repetir del paso “d)” al paso “h)” del procedimiento “Ozono vs tiempo”.

- **Ozono + CH₂Cl₂ + luz ultravioleta vs tiempo**

- a) Colocar la bolsa Tedlar a la salida del generador de ozono y cierre perfectamente con ayuda de una liga para evitar cualquier fuga de ozono.
- b) Proteger la bolsa de la luz cubriéndola con la bolsa negra calibre 200 (Figura 1).
- c) Colocar la lámpara UV (250-260 nm) dentro de la bolsa negra calibre 200 y enciéndala.
- d) Llenar la bolsa con ozono (tomará aproximadamente 3 minutos).

Nota: Para este caso, después de que se ha llenado la bolsa introduzca 1 mL de CH₂Cl₂ con ayuda de una jeringa de 20 mL

- e) Repetir del paso “d)” al paso “h)” del procedimiento “Ozono vs tiempo”.

Tabla de resultados

Registrar los valores obtenidos en cada uno de los experimentos en las respectivas tablas.

Tabla 1. Ozono vs tiempo.

Tiempo (min)	Volumen de Na ₂ S ₂ O ₃ (mL)	Concentración de O ₃ (mg/L)

Tabla 2. Ozono + CH₂Cl₂ vs tiempo.

Tiempo (min)	Volumen de Na ₂ S ₂ O ₃ (mL)	Concentración de O ₃ (mg/L)

Tabla 3. Ozono + luz ultravioleta vs tiempo.

Tiempo (min)	Volumen de Na ₂ S ₂ O ₃ (mL)	Concentración de O ₃ (mg/L)

Tabla 4. Ozono + CH₂Cl₂+ luz ultravioleta vs tiempo.

Tiempo (min)	Volumen de Na ₂ S ₂ O ₃ (mL)	Concentración de O ₃ (mg/L)

Para cada uno de los experimentos realizados, elabore una gráfica de concentración de ozono en función del tiempo y describa el comportamiento del O₃ observado.

Tratamiento de residuos

Residuo	Tratamiento
Solución de KI con tiosulfato de sodio	Agregar NaHSO ₃ hasta que el exceso de yodo pase a yoduro, neutralizar y desechar al drenaje.
Jeringas de plástico	Enviar a incineración
Agujas	Enviar con material punzocortantes

Cuestionario

1. Describa las reacciones que se llevan a cabo en cada uno de los experimentos realizados.
2. De acuerdo a sus resultados, ¿En qué casos disminuye más la concentración de ozono? Justifique su respuesta.
3. ¿Considera usted que la longitud de onda utilizada afecta de manera significativa el experimento? ¿sí? ¿no? Justifique su respuesta.
4. Escriba la reacción que se lleva a cabo dentro de la jeringa cuando se tiene la muestra y el indicador.
5. Describa brevemente la importancia de la capa de ozono para los seres vivos.

Referencias

1. Baird, C. & Cann, M. (2012). *Environmental Chemistry*. 5th edition. USA. W.H. Freeman and Company.
2. Ibáñez, J.G., Hernández-Esparza, M., Doria-Serrano, C., Fregoso-Infante, A. & Singh, M.M. (2008). *Environmental Chemistry: Microscale Laboratory Experiments*. NY, USA. Springer Science+Business Media, LLC.
3. Patnaik, P. (2010). *Handbook of Environmental Analysis: Chemical Pollutants in Air, Water, Soil, and Solid Wastes*. 2nd edition, USA. CRC Press. Taylor & Francis Group, LLC.
4. Sierra, M. A. y Gómez, M. (2007). *Principios de Química Medioambiental*. Madrid, España. Editorial Síntesis.

QUÍMICA DEL SUELO

“Evaluación de parámetros fisicoquímicos de suelos”.

Objetivo

Aplicar la norma NMX-AA-132-SCFI-2006 para el muestreo de suelos y determinar los parámetros fisicoquímicos de dicha matriz.

Introducción

Por la gran importancia que representa el suelo para la vida del hombre y de todos los seres vivos, este recurso se debe conservar. Sin embargo, en la actualidad está seriamente amenazado por la práctica de sistemas de producción inadecuados o mal aplicados, que incluso han acelerado los procesos de erosión y desertificación de grandes zonas. De igual forma, la industrialización y urbanización han generado una gran cantidad de desechos que son incorporados al suelo, lo cual ocasiona tanto la reducción de su fertilidad como la modificación de sus procesos naturales. Por lo anterior, es necesario estudiar las características particulares del suelo para determinar su grado de contaminación y, consecuentemente, aplicar alguna de las tecnologías de remediación existentes.

Por esta razón, la evaluación o determinación de las propiedades fisicoquímicas de un suelo contaminado contribuye al seguimiento del proceso de remediación; además de ser útil para tomar acciones pertinentes en el mejoramiento de dichos procesos.

Equipo y materiales

Cantidad	Equipo	Cantidad	Equipo
1	Kit para análisis de suelos. Equipar Modelo STH-14	1	Pala y pico
1	Medidor de pH	1	Penetrómetro
1	Medidor de conductividad en suelo	1	Tamiz No. 20
1	Medidor de humedad	1	GPS
1	Medidor de temperatura	3	Balanza
1	Guantes	2	Bolsas de polietileno de 1 kg

Reactivos

d) Cantidad.

Cantidad	Reactivos
250 mL	Agua desionizada

b) Código de riesgo.

El agua desionizada no presenta grado de peligrosidad, sin embargo, para el desarrollo de la práctica se utilizan los reactivos contenidos en el kit para análisis de suelos, por lo cual se deben seguir las precauciones incluidas en el mismo.

Desarrollo experimental

1. Muestreo del suelo

- a) Tomando como base la extensión del Campus Universitario de CU; aplicar la norma NMX-AA-132-SCFI-2006 para determinar el número de muestras y elaborar el Plan de muestreo sistemático y superficial.
- b) Elaborar el mapa de muestreo distribuyendo el número de muestras calculadas.
- c) Obtener el visto bueno del plan de muestreo completo por parte del profesor para proceder al trabajo de campo.
- d) Llevar a cabo la toma de la muestra de acuerdo a lo establecido en el Plan.
- e) Determinar en el sitio de muestro los parámetros de: dureza, temperatura, conductividad, humedad, pH y velocidad del viento.
- f) Una vez obtenidas las muestras se trasladarán al laboratorio para ser analizadas.

2. Procedimiento de análisis

Los reactivos y material requerido que se describen en todo el procedimiento corresponden a los códigos del kit para análisis de suelo (Figura 1).



Figura 1. Kit para análisis de suelos: Equipar Modelo STH-14.

- **Obtención de extracto-base:**

- a) Tomar un tubo de ensayo y llenar hasta 7 mL con la disolución extractora (Solución de extracción universal 5173PS).
- b) Con la ayuda de una espátula agregar la muestra de suelo hasta aproximadamente 3.5 mL, tapar y agitar vigorosamente durante 2 min.

Nota: En caso de que las muestras contengan altas concentraciones de carbonatos, asegurarse de mezclar lentamente y dejar reposar 30 segundos antes de tapar.

- c) Utilizando una pipeta plástica separar la mayor cantidad del extracto-base.

- **Determinación de sulfatos.**

- a) Con la ayuda de una pipeta se deben colocar 5 gotas del extracto-base en un vial.
- b) Adicionar una gota de “Solución para prueba de sulfatos” (5171) y mezclar suavemente por 1 min.
- c) Comparar la turbiedad de la muestra con respecto a la tarjeta de referencia de Azufre (1314). Es recomendable utilizar buena iluminación en la comparación, los resultados se encuentran en partes por millón (ppm).

- **Determinación de nitratos.**

- a) Transferir 1 mL del extracto-base a la placa de pozos.
- b) Añadir 10 gotas de “Reactivo Nitrato #1” (5146).
- c) Con la ayuda de una cucharilla añadir 0.5 g de “Reactivo Nitrato # 2” (5147G) a la muestra.
- d) Agita con ayuda del agitador.
- e) Dejar reposar 5 minutos para que se desarrolle totalmente la prueba y el color.
- f) Comparar el color de la muestra con la tarjeta de referencia correspondiente (1315).
- g) Registrar el valor en libras por acre de nitrógeno como nitrato.

- **Determinación de pH**

- a) En un tubo de ensayo agregar 3 g aproximadamente de suelo.
- b) Añadir 6 mL de agua desionizada (1155).
- c) Cerrar y agitar el tubo hasta dispersión total.
- d) Añadir 5 gotas de la “Reactivo floculante de suelo” (5643WT).
- e) Cerrar y agitar la mezcla
- f) Dejar sedimentar la muestra antes del siguiente paso.
- g) Transferir 1 mL del sobrenadante con la ayuda de una pipeta a un pozo del plato.
- h) Transferir una segunda muestra de 1 mL del sobrenadante a otro pozo en el plato.
- i) A la primera muestra añadir 2 gotas del “Indicador Dúplex” (2221)
- j) Compara los resultados con la tarjeta de referencia correspondiente para pH (1313).

Nota: El amplio rango de pH que se indica puede verse mejorado seleccionando un método más preciso. Escoger el indicador apropiado dependiendo del rango en el que se encuentre el pH de la muestra (cuidando que el valor se encuentre en el punto medio del rango seleccionado), de acuerdo a la tarjeta de referencia.

- **Determinación de humus**

- Añadir al tubo, 4 g de suelo con la ayuda de la cucharilla.
- Llenar el tubo a la marca de 14 mL con “Agua desionizada” (1155).
- Cerrar y agitar hasta homogenizar.
- Añadir 1 g con la ayuda de una cucharilla del “Reactivo Humus” (5119) a la muestra. Si es necesario, añada más agua desionizada para mantener el nivel de líquido en la marca de 14 mL.
- Cerrar y agitar vigorosamente durante 1 minuto.
- Añadir 15 gotas de “Reactivo floculante de suelo” (5643WT), cerrar y agitar.
- Dejar sedimentar por algunos minutos.
- Filtrar la mezcla dentro de un segundo tubo.

Nota: Doblar el papel filtro para acomodar dentro del embudo.

- Comparar el color del filtrado con la tarjeta de referencia correspondiente (1384).

- **Determinación de salinidad**

- Tomar 100 gr de suelo y mezclar con 100 mL de agua.
- Una vez saturada la muestra de suelo, se deja reposar por 24 horas.
- Filtrar la muestra al vacío para obtener la solución y medir la conductividad a 25 °C.

Tabla de resultados

Parámetros de campo	Valor registrado
Dureza (Kg/cm ²)	
Temperatura del agua (°C)	
Conductividad (µS/cm)	
Humedad del sitio (%)	
pH	
Velocidad del viento (m ² /s)	
Humedad del sitio (%)	

Parámetros en el laboratorio	Valor registrado
Sulfatos (ppm)	
Nitratos (libras/acre)	
pH	
Humus	
Clasificación del suelo según el contenido de humus	
Conductividad (dS/m)	
Clasificación del suelo según contenido de salinidad	

Tratamiento de residuos

Residuo	Tratamiento
Soluciones de pruebas.	Verificar pH, si es necesario neutralizar y desechar al drenaje.
Papel filtro.	Enviar a incineración.

Cuestionario

1. ¿Qué importancia tiene elaborar y seguir el plan de muestreo?
2. ¿Qué problemas podrían presentarse al momento de aplicar el plan de muestreo?
3. Mencione ¿Cuál es la función de cada reactivo en la determinación de sulfatos, nitratos y humus?
4. ¿Qué importancia tiene la medición de sulfatos, nitratos, fosfatos, humus y pH?
5. ¿Qué otros reactivos pueden utilizarse para cada una de los procedimientos utilizados en los análisis realizados?

Referencias

1. Diario Oficial de la Federación (DOF) (2006), Norma Oficial Mexicana NMX-AA-132-SCFI-2006 Muestreo de suelos para la identificación y la cuantificación de metales y metaloides, y manejo de la muestra. México.
2. Fernández L.C., Rojas, N.G., Roldán, T.G., Ramírez, M.E., Zagarra, H.G., Uribe, R. Arce, J.M. (2006). *Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados*. México. Instituto Nacional de Ecología.
3. Jackson, M.L. (2005). *Soil Chemical Analysis: Advanced Course*. 2nd edition. Madison, Wisconsin. University of Wisconsin-Madison Libraries Parallel Press.

CUIDADO DEL AMBIENTE

“Generación de hidrógeno como alternativa de energía limpia”

Objetivo

Conocer los principios básicos de una celda de combustible y el funcionamiento de la misma, como una alternativa de energía limpia.

Introducción

Una celda de combustible es un dispositivo electroquímico que combina hidrógeno y oxígeno para producir electricidad, teniendo agua y calor como subproductos.



Teniendo claro que siempre que se suministre combustible, la celda continuará generando energía y puesto que la conversión de combustible a energía se lleva a cabo a través de un proceso electroquímico, y no de combustión, el proceso es limpio y altamente eficiente, siendo éste dos ó tres veces más eficiente que la quema de combustible.

En los últimos años, el importante desarrollo experimentado por las celdas de combustible ha permitido que esta tecnología sea utilizada en una gran cantidad de aplicaciones, por ejemplo, se utilizan en transporte, aplicaciones portátiles y generación de energía.

En el experimento propuesto el gas hidrógeno y el oxígeno se generan en dos electrodos separados, por electrólisis de una solución saturada de sulfato de potasio.

Equipo y materiales

Cantidad	Equipo	Cantidad	Equipo
1	Pipeta graduada de 5 mL	2	Cables conductores tipo caimán
1	Vaso de precipitados de 10 mL	1	Pila de 9 V
2	Tubos de vidrio de 6 x 80 mm	1	Foco LED
1	Tapones para los tubos de vidrio de corcho de 6 mm de diámetro	2	Lija
1	Vaso de precipitados de 50 mL	1	Clavo para concreto de 8 x 5 mm
2	Puntillas de grafito de 3.2 x 80 mm	1	Martillo

Reactivos

b) Cantidad.

Cantidad	Reactivos
1 g	K ₂ SO ₄ Q.P.
---	Agua destilada

b) Código de riesgo.

Número	Salud	Inflamabilidad (en base al punto de inflamabilidad)	Reactividad
0	Sin riesgo	No inflamable	Estable
1	Ligeramente peligroso	Más de 93°C	Inestable si se calienta
2	Peligroso	Menos de 93°C	Cambio químico violento
3	Peligro extremo	Menos de 38°C	Detona con calor y/o golpe
4	Mortal	Menos de 23°C	Detona

K₂SO₄. Provoca quemaduras. Por inhalación irrita las mucosas, provoca dificultades para respirar y tos.



Salud	Inflamabilidad	Reactivo	Protección
1	0	1	A

c) Reactividad y toxicidad.

Incompatibilidad: es la característica de aquellas sustancias químicas que, al mezclarse entre sí, debido a sus propiedades físicas o químicas, pueden generar una reacción en cadena, peligrosa para el trabajador, el centro de trabajo, el equilibrio ecológico o el ambiente.

Toxicidad: es la capacidad de una sustancia para causar daño a la salud a un organismo vivo

Reactivo	Reactividad	Toxicidad*
K ₂ SO ₄	Incompatible con alcoholes.	DL ₅₀ : 2340 mg/kg (oral rata).

Fuente: <http://www.ctr.com.mx/pdfcert/Sulfato%20de%20Potasio.pdf>

***Dosis Letal MediaDL₅₀**: es la cantidad de una sustancia (miligramos o gramos por kilogramo corporal del sujeto de prueba) obtenida estadísticamente, y que, administrada por vía oral o dérmica, matará al 50% de un grupo de animales de experimentación.

Desarrollo experimental

1. Preparación de la disolución saturada de sulfato de potasio

- Pesar 0.5 gramos de sulfato de potasio y colocarlos en el vaso de precipitado de 25 mL.
- Agregar agua destilada poco a poco hasta disolver por completo.

Nota: Antes de llevar a cabo la generación de hidrógeno, los tapones de corcho deben perforarse con ayuda del clavo para concreto; seguido de eso, las puntillas de grafito deben lijarse hasta obtener un diámetro tal que puedan entrar perfectamente por el orificio del tapón.

2. Generación de hidrógeno

- Adicionar al vaso de precipitados de 10mL, 2 mL de la solución saturada de sulfato de potasio (K₂SO₄), preparada previamente.
- Tapar cada uno de los tubos de vidrio con los corchos previamente perforados e insertar una varilla de grafito a través de cada uno.
- Llenar los tubos con solución saturada de K₂SO₄ y sumergir los tubos en el vaso que contiene la solución saturada de K₂SO₄
- Conectar los dos polos de grafito a una batería de 9 V y realice la electrólisis de agua durante 1 minuto (Figura 1).
- Identificar los gases generados en cada polo. El tubo donde se observa la aparición de más cantidad de gas es el polo donde se genera H₂ (reducción); mientras que el tubo que presenta una menor generación de gas es el polo donde se genera O₂ (oxidación).
- Desconectar la batería.
- Conectar el polo de H₂ al polo negativo de un foco LED y el polo de O₂ al polo positivo del mismo (Figura 2).
- Observar el cambio en el foco LED (Figura 3).

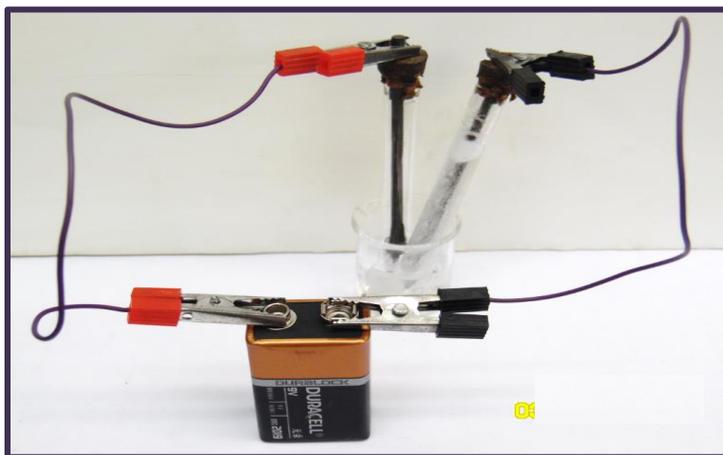


Figura 1. Generación de hidrógeno y oxígeno

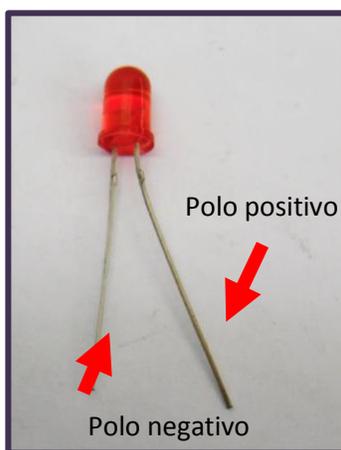


Figura 2. Foco Led

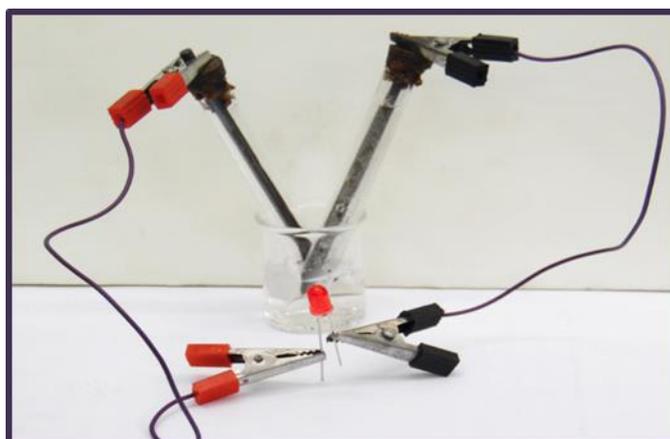


Figura 3. Celda combustible

Reacciones

Escribir las reacciones llevadas a cabo durante el experimento.

Tratamiento de residuos

Residuo	Tratamiento
Sulfato de potasio en solución.	Guardar para su posterior uso.

Cuestionario

1. ¿En qué se basa el funcionamiento de una celda de combustible?
2. Además de la hidrólisis, ¿Qué otros métodos se utilizan para generar hidrógeno? Describa cada uno.
3. Mencione las ventajas y desventajas de utilizar hidrógeno como fuente de energía.
4. Además de las celdas de combustible, ¿Qué otras fuentes de energía alterna existen actualmente? Explique brevemente cada una de ellas.
5. ¿Qué desventajas presentan las fuentes de energía antes mencionadas?

Referencias

1. Ibáñez, J.G., Hernández-Esparza, M., Doria-Serrano, C., Fregoso-Infante, A.& Singh, M.M. (2008). *Environmental Chemistry: Microscale Laboratory Experiments*. NY, USA. Springer Science+Business Media, LLC.
2. Ramos, A. (2014). Química y energía. En: Calles, A.G. (Ed), *Bioenergía, química y energía sostenible*. Colección Sello de Arena. Vol. 16 (pp.36-68). México. UNAM. Terracota.
3. Ruiz, J.C., Peña-Martínez, J., Marrero, D., Pérez, D., Núñez, P.F., Ballesteros, B., Gómez-Romero, P. (2006). Pilas combustibles. *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, 102(3), p. 22-30.



CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

- Se logró elaborar cada uno de los protocolos experimentales propuestos para integrar un manual de la asignatura de Química Ambiental. Asimismo, el diseño de éstos se desarrolló para llevarlos a cabo con infraestructura de los laboratorios de la Facultad de Química, apegados cada uno de ellos al cumplimiento del objetivo académico propuesto, dentro de los tiempos establecidos para la asignatura en cuestión.
- Cada uno de los protocolos experimentales propuestos en este trabajo fue diseñado y probado para que los alumnos puedan realizarlos eficientemente, por ende, el alumno deberá seguir todas y cada una de las indicaciones.
- Los protocolos propuestos tienen como propósito brindarle las herramientas al docente para mejorar en los estudiantes el entendimiento de la Química de la capa de ozono, el muestreo y análisis de parámetros fisicoquímicos tanto en agua como en suelo, y propiciar en ellos el cuidado del ambiente.
- El desarrollo experimental de los protocolos fue diseñado para que el alumno obtenga una visión integral sobre los diversos temas ambientales, analice los problemas relacionados a los mismos y pueda aplicar los conocimientos adquiridos en la solución de problemas ambientales.
- La experimentación previa fue primordial para la elaboración de dichos protocolos; permitiendo establecer el tiempo necesario para llevar a cabo los experimentos propuestos.

5.2 Recomendaciones.

Los protocolos experimentales propuestos en este trabajo cumplen con el temario establecido para la asignatura “Química Ambiental” impartida en la Facultad de Química, sin embargo, podrían realizarse otros experimentos con el fin de obtener una visión integral más amplia en los diversos temas ambientales o profundizar un poco más en los temas tratados en dichos protocolos.

Además, debe considerarse que entre más experimentación se tenga en el área de la Química Ambiental, mejor preparado estará el alumno que desee incursionar en dicha área profesional.

En el mismo sentido, recordemos que día a día surgen nuevas necesidades de conocimiento, sin mencionar que el aprendizaje nunca termina, por tanto, estar en constante actualización de protocolos permitirá que la Facultad de Química esté a la vanguardia.



REFERENCIAS

Ahoada, J. (octubre, 2006). *How does industrial symbiosis influence environmental performance?* Recuperado el 30 de abril de 2016 <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:22727/FULLTEXT01.pdf>

Arrué, R. et. al. (2005). *Gestión ambiental a nivel local*. Santiago de Chile, Chile: Ediciones Surambiente, corporación ambiental del sur.

Baird, C. (2012). *Environmental Chemistry* (5th ed.), New York, Estados Unidos: W. H. Freeman and Company.

Beard, J. M. (2013) *Environmental Chemistry in society* (2nd.Ed.) Florida, Estados Unidos: Taylor and Francis group.

Bleam, W.F. (2012). *Soil and environmental chemistry*. Gran Bretaña: Elsevier.

Bontems, P. et. al. (2002). *Economía del ambiente*. Quito, Ecuador: Ediciones Abya-Yala.

Calvente, A. M. (Junio 2007). *El concepto moderno de sustentabilidad*. Recuperado el 17 marzo de 2016 de: <http://www.sustentabilidad.uai.edu.ar/pdf/sde/uais-sds-100-002%20-%20sustentabilidad.pdf>

Cantú, P. C. (2002). El deterioro ambiental y el futuro de la humanidad. *Ingenierías*, 5 (14): 30-35.

Caselli, M. (2000). *La contaminación atmosférica. Causas y fuentes. Efectos sobre el clima, la vegetación y los animales*. Sexta edición. Distrito Federal, México: Siglo Veintiuno Editores.

Cervantes, G. et. al. (2009). Ecología industrial y desarrollo sustentable. *Ingeniería Revista Académica*, 13(1): 63-70.

Comisión Ambiental. (Marzo 15, 2016). *Boletín informativo*. Marzo 26, 2016, de Gobierno del Distrito Federal, Sitio web: <http://www.gob.mx/comisionambiental/prensa/boletin-informativo-15-00-hrs-14-03-2016>.

Coordinación de la Carrera de Química, secretaría académica de docencia y jefaturas de departamento (2004). *Proyecto de modificación al plan de estudios de la Licenciatura en Química*. Tomo I. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química.

Cornell, D. (2005). *Basic concepts of Environmental Chemistry*. (2nd. Ed.) EUA: Taylor and Francis Group.

Davis, M. L., et. al. (2005). *Ingeniería y ciencias ambientales*. México: McGraw-Hill.

Domenech, X., et. al. (2006). *Química de sistemas terrestres*. España: Editorial Reverté.

Duarte, C. M. (2010). *Océano. El secreto del planeta Tierra*. Colección Divulgación. España: Consejo superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

Escobedo, J., et. al. (2011). Situación actual y perspectivas para el estudio de las enfermedades zoonóticas emergentes, reemergentes y olvidadas en la Península de Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14: 35-54.

Facultad de Química (s.f.). *Programas de estudio*. Recuperado el 23 de marzo de 2016, del sitio web de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México: <http://www.quimica.unam.mx/IMG/pdf/0033QuimicaAmbiental.pdf>

Ferrajoli, L. (2003). *La globalización como vacío de Derecho Público Internacional*. En Manuel Atienza, y Luigi Ferrajoli. *Jurisdicción y argumentación en el Estado Constitucional de Derecho*. Disponible en: <http://biblio.juridicas.unam.mx/libros/4/1695/6.pdf> (Consultado el 21 de marzo de 2016). Páginas 116-121.

Figueruelo, J. E., et. al. (2011). *Introducción a la Química – Física para las ciencias ambientales*. Guipúzcoa, España: Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco.

FitzPatrick, E. A. (1996). *Introducción a la ciencia de los suelos*. México: Editorial Trillasa.

Flores, H., et. al. (2007). *Diseño y aplicación de nuevas asignaturas “Química Ambiental y Polímeros” (optativas A) del plan modificado de la Licenciatura en Química*. México: DGAPA, UNAM.

Foladori, G. (2002). Avances y límites de la sustentabilidad. *Economía, sociedad y territorio*, 3 (12): 621-637.

Lule, D., et. al. (s.f.). *Capítulo VII. La implementación de la ecología industrial en el corredor industrial de Altamira-Tamaulipas*. Recuperado el 30 de abril de 2016 de: http://148.206.107.15/biblioteca_digital/capitulos/423-5762uki.pdf

Manahan, S.E. (2007). *Introducción a la Química Ambiental*, Barcelona, España; Editorial Reverté.

Pinzón, A. (2009). La simbiosis industrial en Kalundborg, Dinamarca. *Revista de arquitectura de la universidad de los Andes*, 4:155-161.

Reyes, M, et. al. (2011). Efecto de la materia orgánica del suelo en la retención de contaminantes. *Revista épsilon*. 14:31-45.

Sans, R., et. al. (1999). *Ingeniería ambiental: contaminación y tratamientos*. Colombia: Alfaomega.

Schwedt, G. (2001). *The Essential Guide to Environmental Chemistry*. Alemania: Wiley.

Singer, M. J., et. al. (1991). *Soil. Anintroduction*. (2nd. Ed.) USA: Macmillan Publishing Company

Solís, L. M., et. al. (2003). *Principios básicos de contaminación ambiental*. México: Universidad Autónoma del Estado de México.